مقدمة

في

الهوائيات التلفزيونيّة وتركيباتها



تأليف

المهندس

حيدر طرابيشي

بكالوريوس علوم - ماجستير علوم - اختصاصي رادار

١٩٦٢

دار الفكر بدمشق

الإهـــداء

الى رواد فن التلفزيون في الوطن
العربي .

الى من قفزوا الى القمة باخلاصهم
فأصبحوا مثالا يحتذى بعملهم .

الى فنيي شركة النصر لصناعة أجهزة
التلفزيون
أهدي هذا الكتاب .

حيدر

عزيزي القارىء :

لم أعد غريباً عنك في عالم الكتب الفنية فقد قدمت لك كتابين أولهما في حقل الأمواج المكروية والرادار وثانيهما في خدمة وصيانة التلفزيون . وها أنا أقدم لك الوليد الثالث في الهوائيات وتركيباتها ومحاسنها واستعمالاتها . وأنا مع وليدي الجديد لم أتغير في فلسفتي ، فلا أزال أقدم لك المعادلات بلغتها الأصلية وأعرب ما استطعت من التعابير والاصطلاحات الغريبة عن لغة الضاد متوخياً الدقة في اختيار الكلمات العربية بحيث لا تفقد الاصطلاحات دقتها ومعناها فيضيع بذلك الغرض من تعريبها حيث يتجاهلها المختصون لثقل ظلها وعدم مجاراتها لكلامنا اليوم.

وهذا الوليد هو الأول من نوعه في حقل الهوائيات وهو تماماً كأخويه السابقين لم يحاول أن يكون أعقل ولا أعلم مما يجب فتجاهل المعادلات الرياضية الطويلة الصعبة الشرح واستعاض عنها بتفسير فيزيائي للحوادث الطبيعية وشرحها وتبسيطها بقدر الامكان لتكون في متناول فهم أي راغب في تعلم فن تركيب الهوائيات وصيانتها .

لقد قسمنا الكتاب الى قسم نظري وفيه شرحنا النظريات المتحكمة بحوادث الانتشار الرديوي ، ومررنا بسرعة على علاقة طول الموجة بهذا الانتشار ، وكيف يحدث الانتشار عن ديبول بسيط ، والحقول الكهرطيسية التي تنتج عن مرور التيار في الهوائي الديبولي وأشكالها . وقسم عملي تكلمنا فيه عن طريقة تركيب هذه الهوائيات وحصرنا بحثنا في هوائيات الاستقبال للامواج القصيرة جداً (الهوائيات التلفزيونية) وتركيباتها والأخطاء التى يمكن أن ترتكب أثناء التركيب والتمديد وأحسن الطرق لتلافيها ، ومن ثم أفردنا قسماً

للهوائيات الخاصة وتمديداتها المركبة وضربنا الأمثلة التي تسهل شرح حساباتها .

إن كل ما أرجوه من هذا الكتاب هو مساعدته للراغبين في التعلم وتقديم الخبرة لمن يطلبها من اخواني الفنيين ، فان قام بهذا الواجب فقد وفى حقه وقام بواجبه والله الموفق .

المقدمة

إن الاشارة التلفزيونية عبارة عن قدرة كهربائية تنتشر عن هوائي محطة الارسال وتنساب في الفضاء إلى هوائي الاستقبال الذي يعارض طريق الاشارة ويتأثر بها ويقلبها إلى توتر وتيار ثم يرسلها إلى مدخل جهاز التلفزيون . وفي أثناء هذه الرحلة ، من هوائي الارسال إلى هوائي الاستقبال ، تتحول الاشارة إلى أشكال متعددة للقدرة ولكنها دائماً تحتفظ بشكل موجتها الأساسي . إن هذه الاشارة عبارة عن تيار متغير ، لذا نستطيع أن نفسر أكثر حوادثها مستعملين نظريات هذا التيار .

إن المكبر الأخير في جهاز الارسال يسبب اندفاع نبضه قدرة في الهوائي . وعندما تصل هذه النبضة إلى النهاية المفتوحة للهوائي ترتد في اتجاه جهاز الارسال فتجتمع بنبضة أخرى متجهة نحو النهاية المفتوحة للهوائي فتصطدم معها وترتد مرة أخرى باتجاه النهاية المفتوحة ويندفع قسم من القدرة خارج الهوائي متحرراً لينتشر في الفضاء .

تتشكل القدرة المنتشرة عن الهوائي من حقلين أولاهما الحقل التأثيري (Induction field) وثانيها حقل انتشاري (Radiation field) . إن القدرة المحولة في الحقل التأثيري لا تغادر الهوائي نهائياً بل تعود إلى موصلاته ومن ثم إلى الدارة الأصلية لجهاز الارسال . أما القدرة المحولة في الحقل الانتشاري فانها تغادر الهوائي ولا تعود اليه البتة وتسير في الفضاء بسرعة الضوء .

إننا نستعمل الحقل الانتشاري لحمل الاشارة التلفزيونية ، ويتألف هذا

الحقل من نوعين من القدرة : الحقل الكهربائي الراكد (Electrostatic field) (الكهراكد) ، والحقل الكهربائي المغناطيسي (Electromagnitic field) (الكهراطيسي) . إن الحقل الكهراكد يتولد من حركة الحقل المغناطيسي . إن هذه الحقول تشكل في الفضاء زوايا قائمة بين بعضها البعض ، أما على الهوائي فانها تبث بشكل يكون فيه الحقل الكهربائي موازياً للارض وهذا ينتج ما يسمى بالاستقطاب الأفقي (Horizontal Polarization) .

الفصل الأوّل

الانتشار الرديوي والهوائيات

الاستقطاب

إن الاستقطاب ظاهرة مهمة جداً سنتكلم عنها باسهاب أكثر في القادم من هذا الكتاب . لنتصور سلكان متوازيان أمررنا في أحدهما تيـــاراً كهربائياً متغيراً فيتولد في السلك الآخر توتراً أو تياراً تأثيرياً ، تسمى هذه الحادثة بفعل المحولة (Transformer Action) . إن هوائي الارســــال وهوائي الاستقبال بالرغم من مئات الكيلومترات التي تفصل بينهما يمكن أن يعتبرا معادلان لهذين السلكين . فاذا كان السلكان متوازيان فسيكون التوتر التأثيري المنقول من السلك الأول الى السلك الثاني أعظمياً . أما اذا أدير أحدهما ليشكل زاوية قائمة مع الآخر فان التزويج (Coupling) بين السلكين يتناقص حتى يصبح صفراً ، بالتالي لن يكون هناك توتراً تأثيرياً البتة . نستنتج مما سبق انه لنقل أكبر نسبة من القدرة من هوائي الارسال الى هوائي الاستقبال يجب أن يكون للهوائيان نفس نوعية الاستقطاب .

يستعمل الاميريكيون الاستقطــــاب الافقي بينما يستعمل البريطانيون الاستقطاب العمودي ، وليس هناك فرق كبير بين النوعين طالما أن للهوائيات نفس نوع الاستقطاب .

التردد وطول الموجة :

إن تيار هوائي الارســـال هو تيار متغير لذلك فان القدرة ستنادره على شـكل دفعات متتالية تسير بسرعة الضوء (٣٠٠,٠٠٠) كيلومتر بالثانية . إن هذه السرعة هي سرعة الضوء في الفضاء الحر (Free Space) ، لذا فان هناك بعض التغيرات البسيطة التي تؤثر على مواصفات الارسال الرديوي سنبحثها في القادم من هذا الكتاب . إن المسافة بين دفعات القدرة التي تغادر الهوائي يحددها تردد الاشارة . فاذا كان تردد الاشارة (٢٠٠) ميغاز/ثا فسيكون هناك (٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠) دفعة قدرة تغادر الهوائي في كل ثانية ، وتسمى المسافة بين هذه الدفعات بطول الموجة (Wave Length) ويرمز لها بالحرف اليوناني (λ) (لامدا) . إن طول الموجة عامل مهم في دراسـة الهوائيات وسنتكلم عنه بتفصيل أكبر في المستقبل .

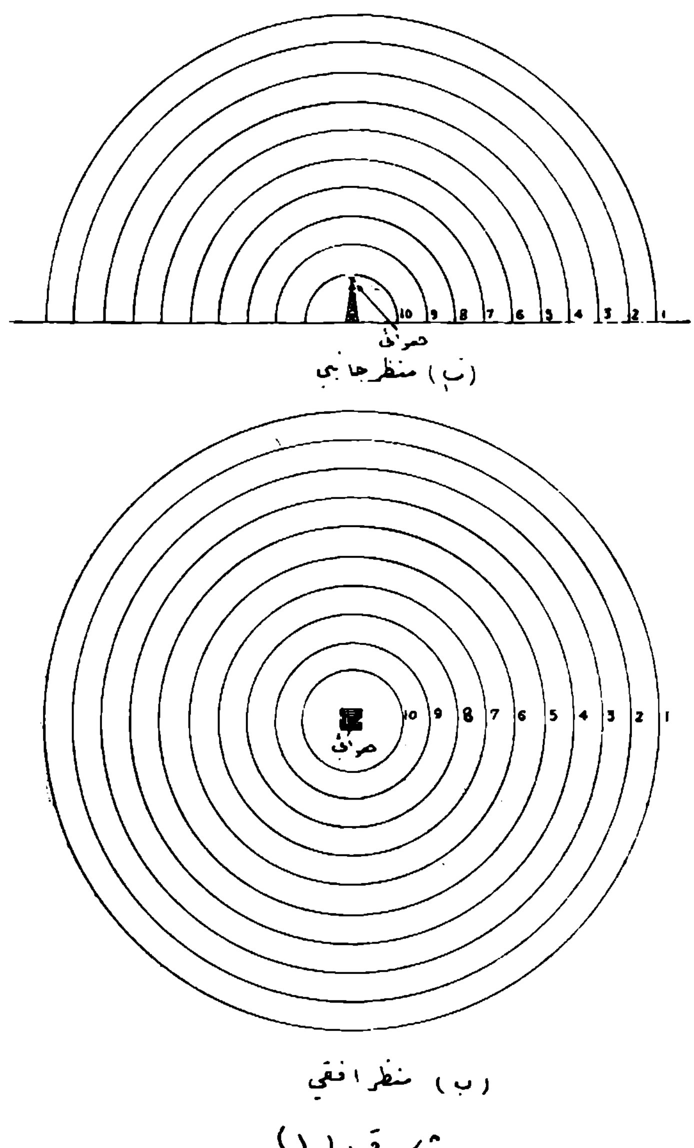
جبهات الأمواج :

تغادر القدرة هوائي الارســال على شـكل قيض (Shell) نصف كروي مركزه المشع الذي يسببه ،كما هو مصور في الشـكل رقم (١) . إن هـــذه الانصاف الكرات تبث في الفضـاء وتنساب بعيداً عن الهوائي بسرعة الضوء ، لذلك فبعد مرور ثانية واحدة من بثها تصبح كل نصف كرة على بعد(٣٠٠٠٠٠) كيلو متر من نقطة بدءها .

إن الشـكل (١ آ) يرينا منظراً جانبياً لهذه الأمواج وفي منتصفها الهوائي المرسل ، بينما الشـكل رقم (١ ب) يرينا منظراً رأسياً لها .

إن كل من هذه الأنصـاف الكرات يسمى جبهة موجة (Wave Front) ويحوي كمية معينة من القدرة الكهربائية التي بدورها تتوقف على استطاعة جهاز

الارسال . ويمكننا أن نلاحظ أن أقرب نصف كرة الى الهوائي صغيرة جداً



(ب) منظر جانبي

(ب) منظر افقي

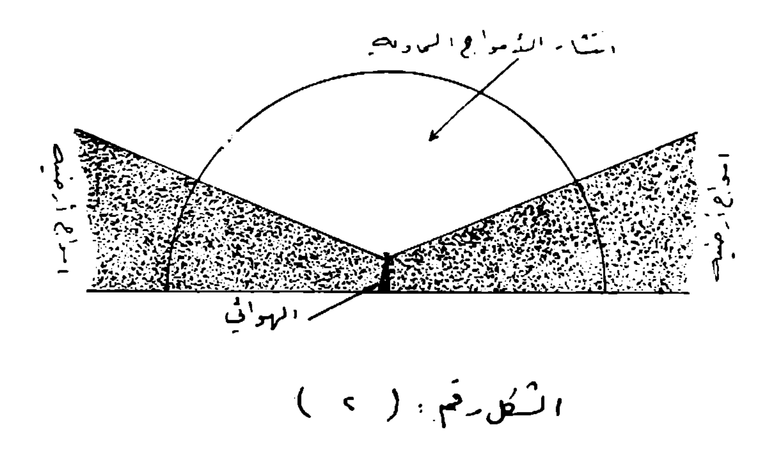
الشكل رقم : (١)

لذا فان القدرة التي تضمها كل وحدة مساحة من هذا القيض كبيرة جداً . وكلما ابتعدت هذه الأقياض (Shells) عن هوائي الارسال كلما زادت مساحتها . يجب أن تتذكر دائماً أن شكل هذه الأقياض هي أنصاف كرات ، كما يجب أن تتذكر دائماً أيضاً أن القدرة الموجودة في قيض ما وفي أية دورة من دوراته لا يمكن أن تزيد عن القدرة التي بدأ بها من هوائي الارسال ، وهكذا نرى أن القيض بعد مضي نصف ثانية من بدء مساره من هوائي الارسال سيكون على بعد (١٥٠,٠٠٠) كيلو متر وهذا طبعاً هو نصف قطر الكرة التي يمثلها هذا القيض ، وبالطبع فان مساحة سطحه أصبحت أكبر بكثير مما كانت عليه ولكن القدرة الموجودة فيه لا تزال نفس القدرة التي بدأ بها من هوائي الارسال لذا فان القدرة الموجودة في كل وحدة مساحة أقل بكثير مما هي عليه في القيض رقم (١٠) . إن هذا الفرق بكمية القدرة يسمى بالتهبيط (Attenuation) أو بالضياع . ونظراً لطبيعة توسع الموجة فان هذا الضياع يمكن تقديره تقريباً ونسبة إلى مربع المسافة التي اجتازها القيض .

انتشار الامواج السماوية والامواج الارضية

عندما تغادر الاشارة هوائي الارسال فانها تنتشر في جميع الاتجاهات كما هو مصور في الشكل رقم (٢) ومن البديهي أن الاشارة التي تتجه إلى الأعلى لن تفيد كثيراً لأن هوائي الاستقبال سيكون مثبتاً على سطح الأرض . من هذا نرى أننا نصنف الإشارة إلى صنفين : الأمواج الأرضية ونعني الاشارات التي تنشر على سطح الأرض ، والأمواج السماوية وهي الإشارات التي تنتشر إلى الأعلى . وفي الواقع فان هاتين الإشارتين هما أجزاء من نفس الإشارة الأصلية والشكل رقم (٢) يرينا الحد الفصل بين الصنفين ويرينا أيضاً القسم

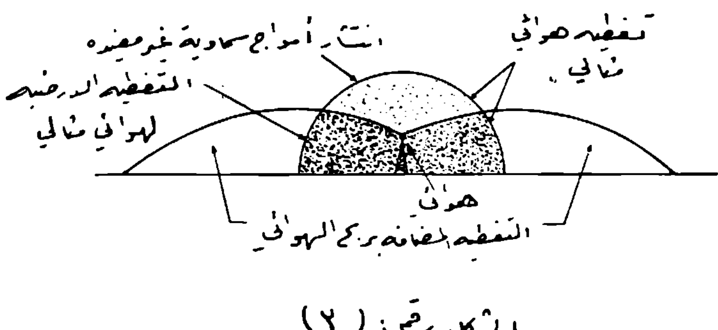
المظلل وهو القسم الذي يمثل القدرة النـافعة والتي تسير على سطح الأرض ويمكن لهوائيات التلفزيون اعتراض طريقهـا .



الشكل رقم : (٢)

لقد تكلمنا حتى الآن عن هوائيات مثالية تنشر أمواجها على شـكل أنصاف كرات إنما في واقع الأمر لا تنوجد هذه الهوائيات إلا في الحسـابات النظرية فقط بالإضافة الى أنها غير نافعة لغرضنا لو وجدت . اننا نحتاج إلى هوائي إرسال يركز أكبر كمية من قدرة جهـاز الإرسال في الأمواج الأرضية ، وتصمم جميع هوائيات الإرسال لتحقق هذا الفرض فتأخذ القدرة التي قد تضيع في الأمواج السماوية وتنشرها أفقياً فيكون شـكل انتشارهـا كالمصور في الشـكل رقم (٣) . فلو كانت هذه الهوائيات مصممة لتكون نظرياً هوائيات مثالية لـكانت تغطيتها تشمل القسم المظلل في الشكل رقم (٣) . إن الهوائيات لا تولد قدرة إنما تركز القدرة الضائعة وتوجهها في الاتجاهات الأكثر فائدة ولذا فان المسافة التي يغطيهـا اشعاع الهوائي قد ازدادت كما هو مبين في الشـكل رقم (٣) ومنسوب المسافة التي تغطى بانتشارات الهوائي عملياً والمسافة التي تغطى بانتشارات الهوائي المثالي معروفة باسم ربح الهوائي (Gain of antenna) . ومن

المعروف أن الهوائيات التجارية تعطي ربحاً قدره (١٤) إلى (١٦) مثلا ، فاذا كان ربح الهوائي هو (١٦) مثلا فان جهاز إرسال استطاعته (٦٢٥٠) واط يعطينا استطاعة فعالة تعادل (١٠٠) كيلواط . ولو أحببنا أن نترجم ما سبق لقلنا أن جهاز إرسال استطاعته (٦،٢٥) كيلواط مركب مع هوائي ذو ربح عال يعطينا شدة حقل كما لو كان جهاز ارسال استطاعته(١٠٠) كيلواط يعمل بنفس المواصفات ويستعمل هوائياً لا ربح له .



الشكل رقم : (٢)

انعكاسات الاينوسفير ومسافة الوثبة :

ليس في العالم كله شيء كامل وخاصة في الاليكترونيك ، لذا فليس هنـاك ما يسمى بهوائي يلغي كلياً انتشار الأمواج السماوية بل سيكون هناك دائماً قسماً من القدرة تهرب الى القسم الأعلى من الجو وتضيع كلياً ولا يمكن الاستفادة منهـــا بأي شكل من الأشكال فماذا يحدث لهذه القدرة وماذا يحدث للأمواج الأرضية بعد ابتعادها عن الهوائي المرسل . ان هذه الأرض التي نعيش عليها مغلفة بطبقة من الهواء وفي القسم العالي من الجو يكون هـذا الهواء خفيفاً جداً يتأثر كلياً بالأشعة المافوق البنفسجية التي تنشرها الشمس وانتشارات الأشعة الكونية (Cosmic ray) والانتشارات الأخرى فتتأين تأيناً كبيراً . وسبب

هـــذا التأين أن الأشعة تحرر الأليكترونات من الخلايا الهوائية القليلة وتتركها متأينة .

لقد اكتشفت هذه الحادثة أثناء المحاولة الأولى للاتصال عبر الاطلانطيق وقد وصلت الإشارة الى الشاطىء الثاني من المحيط ، هـذا الأمر الذي حسب النظريات السائدة في ذلك الزمان كان من المستحيلات . لقد قام العالمان الطبيعيان هيفي سايد (Heaviside) الانكليزي وكينيلي (Kennelly) الاميريكي بابحاث مستقلة عن بعضها وجاءا بفكرة طبقات الهواء وعكسها للأمواج الرديوية نحو الأرض . وقد سميت هذه الطبقة لمدة من الزمن بطبقة كينيلي وهيفي سايد، وسميت فيما بعد بالاينوسفير . لقد كانت الفكرة الأولية بان هناك طبقة واحدة من الهواء فقط ولكن الأبحاث التي أتت بعد ذلك برهنت أن هناك على أقل تقدير أربعة طبقات مختلفة في كثافة الايون الموجود في كل منها . إن هذه الطبقات تعكس بعض الإشارات ذات تردد معين وتكسر الأشارات الأخرى ذات التردد الذي يختلف عن تردد الإشارة الأولى التي عكستها . وبالرغم من أن جميع الأمواج التي تستعمل للمواصلات البعيدة المدى تحقق بواسطة الوثبات فنحن لا نستطيع أن نعتمد عليها في الإرسال التلفزيوني لأن الأمواج التلفزيونية التي تنعكس عن هذه الطبقة تسبب عادة مصاعب جمة .

وبدءاً من سطح الأرض تسمى الطبقات الأربع بالطبقة (D) والطبقة (E) والطبقة (F_1) والطبقة (F_2) . إن تأين الطبقة (D) خفيف جـــداً ولا يؤثر كثيراً على المواصلات إلا بامتصاص بعض قدرتها لذا فلن نبحث تأثيراتها في شرحنا .

إن ارتفاع الطبقة (E) عن سطح الأرض يتراوح بين (٥٥—٨٥)

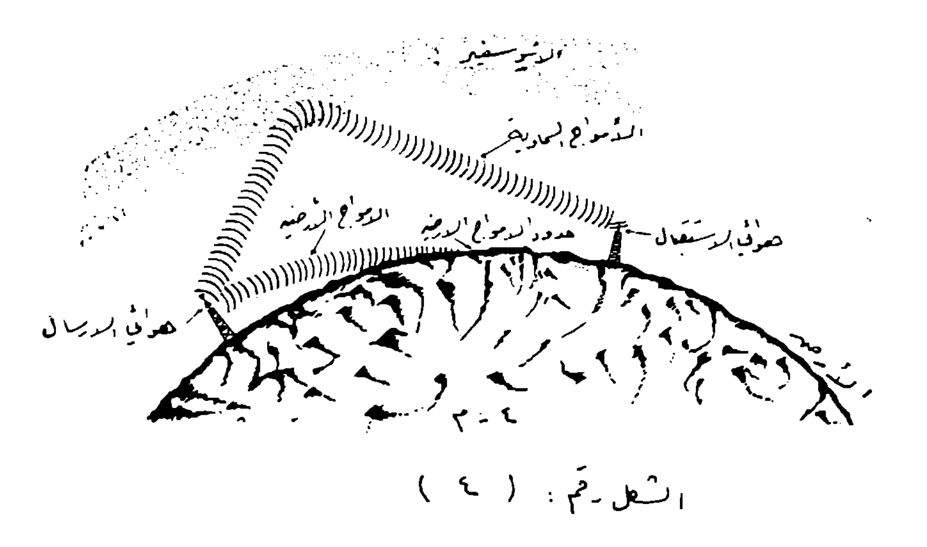
ميلا . أما الطبقة(F_1)فيتراوح ارتفاعها عن سطح الارض بين(٨٥—١٥٠)ميلا .
وأخيراً الطبقة (F_2) يتراوح ارتفاعها عن سطح الأرض بين(٩٠—٢٢٠) ميلا.
وتغير هذه الارتفاعات تؤثر عليه فصول السنة واليوم والساعة . ففي الليل
مثلا تختفي الطبقة (E) كلياً وذلك لعدم وجود الأشعةالمافوق البنفسجيةالمحرضة
للتأين والصادرة عن الشمس ، بالرغم من أن بعض تأين خفيف يبقى في المنطقة
حيث كانت الطبقة المذكورة . كما أن الطبقة (F_1) تميل الى الاضمحلال
أثناء الليل . وتهبط الطبقة (F_2) لتختلط مع الطبقة (F_1) وتسمى هذه الخليطة
بالطبقة (F) ومداها من (١١٠ — ٢٥٠) ميلا . لاحظ بان هذا
يحدث أثناء الليل فقط ولذا فانها تسمى بتأثير الليل (Night effect) وهـذا
التأثير يؤدي إلى زيادة المسافة التي تسيرها الاشارة في الليل عنها
في النهار .

إن الاشارة الكهربائية في مسارها ضمن هذه المناطق المتأينة تصطدم
مع الاليكترون الحر فيمتص بعض قدرة الموجة ، مما يسبب اهتزازه .

إن مطال وسرعة اهتزاز الاليكترون يتوقف على تردد (Frequency)
الاشارة فكلما كان التردد منخفضاً كلما كان مطال الاهتزاز وسرعته أعلى .
وعندما يهتز الاليكترون يحرر بعض القدرة التي أخذها من الموجة وبالتالي فانه
يعود ليبث القدرة نفسها باتجاه له زاوية معلومة بالنسبة لجبهة الموجة الأصلية . إن
هذا يغير السرعة الزوايوية (Phase velocity) للموجة بالاضافة إلى أن
سرعة الموجة ذاتهـا تنخفض ، ويمكن ازدياد السرعة الزاويوية الى قيمة أعلى
من سرعة الضوء . ولذا نرى أن سرعة قسم من الموجة الذي يسير داخل
الاينوسفير أكبر من سرعة القسم الذي لا يزال يسير في القسم المنخفض
من الجو .

ويسمى هـذا التأثير بالانحناء الاينوسفيري (Inospheric Bending)

وتحت هذا التأثير قد تنحني الموجة بشكل بعيدها لتدخل مرة أخرى الفضاء المنخفض عائدة الى الارض وتصطدم بها على نقطة بعيدة من جهاز الارسال كما هو مصور في الشكل رقم (٤) . وتسمى هذه الحركة بالوثبة (Skip) لأنه في المسافة بين حدود الموجة الأرضية والنقطة حيث تصطدم الموجة السماوية بالأرض لا يمكن سماع الإشارة المرسلة من محطة الإرسال .



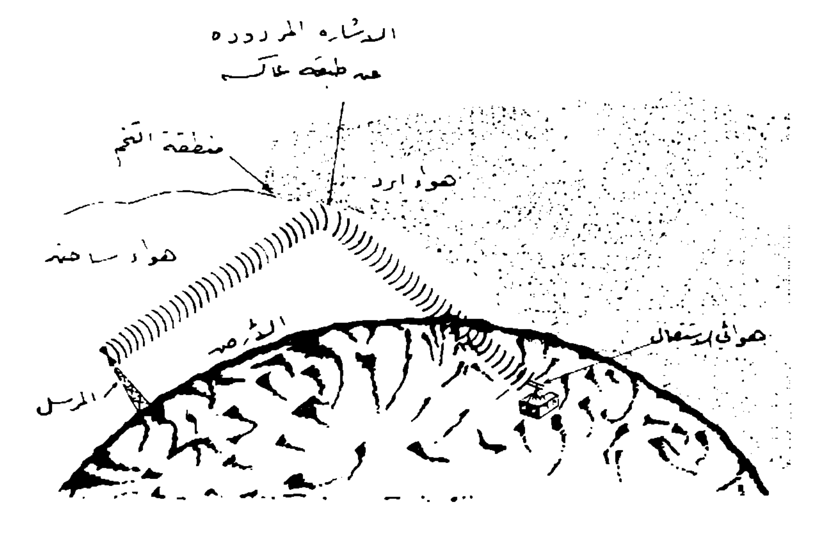
الشكل رقم : (٤)

إن هذا التأثير محدود للتردد بين (١٥ — ٢٠) ميغاتر/ثا فقط وما تحتها ، أما إشارات التردد العالي (V. H. F.) المستعملة في التلفزيون فبطبيعتها لا يحنيها الاينوسفير بشكل كاف لتعود إلى الأرض بل تخترقه لتضيع في الفضاء . ولكن أثناء بعض الفترات تصبح الطبقات العليا من الجو متأينة بشكل أنها تعكس التردد العالي جداً وذلك بسبب النقاط الشمسية أو الزوابع المغناطيسية في الفضاء العالي ، أو لأسباب عديدة أخرى لا تزال مجهولة . فعندما يظهر هذا الانعكاس يصبح بالإمكان رؤية بعض محطات التلفزيون البعيدة لمدة عدة ساعات وتكون إشارتها قوية نوعاً ما . وهذا هو السبب للاستقبال الغير

طبيعي الذي يظهر أحياناً لبعض المحطات التي لا يمكن استقبالها في الحالات الطبيعية .

وقد تظهر نفس الحادثة المشروحة أعلاه إذا تشكل في الجو المنخفض القريب من الأرض طبقة عاكسة دون حاجة الإشارة إلى السير إلى الاينوسفير . وتسبب هذه الظاهرة ما يسميه علماء طبقات الجو بانعكاس الحرارة (Temperature inversion) . وهذا يعني أن طبقة من الهواء الساخن قد ازلقت تحت طبقة من الهواء البارد وهو طبعاً عكس الحالة الطبيعية . ويصبح التخم الواقع بين الطبقتين الهوائيتين مشحونا كهربائياً بسبب الاحتكاكات الجوية لذا فسيعكس الإشارات التلفزيونية .

إذا وجدت طبقة من هذا النوع بين المحطة البعيدة وهوائي جهاز التلفزيون بالزاوية الصحيحة المناسبة للانعكاس فان الاشارات تعكس كما لو كانت تلك الطبقه عبارة عن مرآة كبيرة كما في الشكل رقم (٥) .



الشكل رقم : (٥)

إن هذا النوع من القفزات يمكن أن يحدث على أي جسم في الفضاء كالطائرات الكبيرة مثلا أو الكتل الكبيرة المشحونة من الغيوم أو الأذناب المختلفة من المذنبات بعد احتراقها. وتكون مدة الإشارات المنعكسة في هذه الحالة الأخيرة قصيرة جداً ولكنها قوية جداً . إن هذه الظاهرة هي المسؤولة عن الحادثة الطبيعية التي يلاحظها أكثر المشاهدون عند الاستقبال الفجائي لمحطة بعيدة جداً بشكل أنها تتغلب على إشارات محطة قريبة صوتاً وصورة وتقطعها لتظهر على شاشة التلفزيون لمدة قصيرة جداً . ويسمى هذا الاستقبال باستقبال انفجار المذنبات (Meteor-burst reception) .

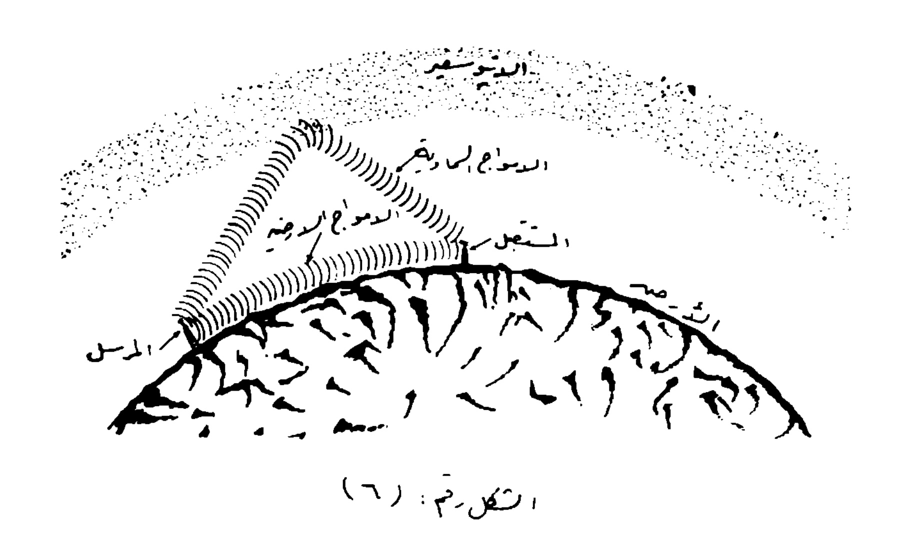
الخفوت

إن قفزات الإشارة هي المسؤولة عن أكثر التأثيرات السيئة التي تفرض على مشاهدي التلفزيون بصورة خاصة في المناطق الهدابية[1] (Fringe area) ، أما الاستقبال التلفزيوني فيعتمد على إشارة الأمواج الأرضية . فاذا وصلت إشارة الأمواج السماوية إلى هوائي الاستقبال كما هو مصور في الشكل رقم (٦) فان الإشارة تكون في أكثر الأحيان مخالفة في طورها للاشارة المرغوب فيها فتلغيها كلياً أو جزئياً . والسبب في هذا التأخير الذي يسبب الالغاء هو المسافة الإضافية التي تسيرها إشارة الأمواج السماويه . مثلا إذا سارت الموجة السماوية مسافة إضافية تؤخرها نصف دورة من دورات الإشارة فان هذه الإشارة تسبب الغاء الإشارة الأصلية الغاء تاماً . تقطع الإشارة في الفضاء حوالي (١٠٠٠) الف قدم بالميكيرو ثانية فاذا كانت المسافة الإضافية توافق

---

(١) المنطقة الهداية (Fringe area) هي المنطقة المتاخمة تماما لمنطقة الاستقبال المنتظم .

تأخير نصف دورة تماماً فان إشارة الموجة السماوية تلغي إشارة الموجة الأرضية وتكون النتيجة خفوت في الصورة أو في الصوت .



الشكل رقم : (٦)

إن تغيير مواصفات الإرســـال في الجو هي السبب المباشر لتغيرات كثيرة قد تطرأ على الإشارة ، فمثلاً ان زمن الخفوت قد يطول أو قد يقصر لهذا السبب ، وتغيير ثوابت الجو قد يحسن أو قد يسيء الاستقبـال في منطقة معينة لعدة أيام . وقد برهن أن وجود كتل هوائية جيدة التوصيل بين محطـــات التلفزيون وأجهزة الاستقبـال يمكن أن يزيد من شـــدة الإشارة المستقبلة عدة أضعـاف شدتها الطبيعية والنتيجة استقبـال جيد خال من التشويش .

كما أن هناك نوع معين من الخفوت يسمى باللهثان (Puffing) أو الجيشان (Surging) وفيه يظهر للصورة أشبـاح كما وانها تظهر وكأنهـــا تلهث على فترات لا تتجـاوز النصف ثانية ، كما يسمع هذا اللهثان في الصوت ويدوم عادة لمدة دقيقتين أو ثلاثة دقائق . إن السبب الرئيسي لهذا اللهثان هو

إشـارتا موجتين أرضيتين تصلا إلى جهـاز التلفزيون عن طريقـــين مختلفين في الطول . ومن الواضح أن أحسن اسم لهذه الحادثة هو الإرسال ذو الطرق المتعددة (Multy-path transmission) . كما أن نتيجة اختلاف طور هـــذه الإشـارات عن بعضها البعض يسبب أشبـاح في الصورة الناتجة واللهثان في الصوت . ويظن أن السبب الرئيسي لحدوث الإرسال ذو الطرق المتعددة هو الانعكاس عن الغيوم والكتل الهوائية المشحونة . أما الخفوت المختـار (Selective Fading) كما هو معروف في الراديو فهو حادثة طبيعية غير حادثة الخفوت العـادي ولا يشاهدهـا ويلاحظها إلا المشاهدون في المنـاطق الهدابية (Fringe Area) وتظهر إما بالصوت أو بالصورة ولكنها لا تحدث للاثنين معاً . فقد يحدث أن يخفت الصوت كلياً وتبقى الصورة واضحة وضوحاً جيداً ، أو قد تتلاشى الصورة ويبقي الصوت طبيعياً . والظـاهر أن سبب هذه الحادثة هو انعكاس إشـــارة الصورة وحدها أو إشارة الصوت وحدهـا عن بعض الأجسام في الفضاء فيحدث الإلغاء المؤقت لإحدى الإشـــارتين . أما بقية أنواع الخفوت فيحدث آنياً ولفترة قصـــيرة جداً لا تتجـاوز (٣٠ — ٤٠) ثانية بالرغم من أنها تظهر للمشاهدين وكأنها قد دامت لعدة دقائق .

ارسال القدرة في الفضاء :

إن ميكانيكية إرسـال القدرة في الفضـاء ميكانيكية معقدة جداً ويؤثر عليها ما يحدث للجو تقريباً كتغير درجة الحرارة وتأين الجو وتوصيل الأرض (Earth Conductivity) واستطـاعة الإشارة ... الخ . وفي الواقع فان طول المعادلة التي تصف وتعبر عن الإشارة التي تحرض في هوائي الاستقبـال لا يقل عن تسعة أسطر ، ونحن لانحتاج في هذا الكتاب إلى

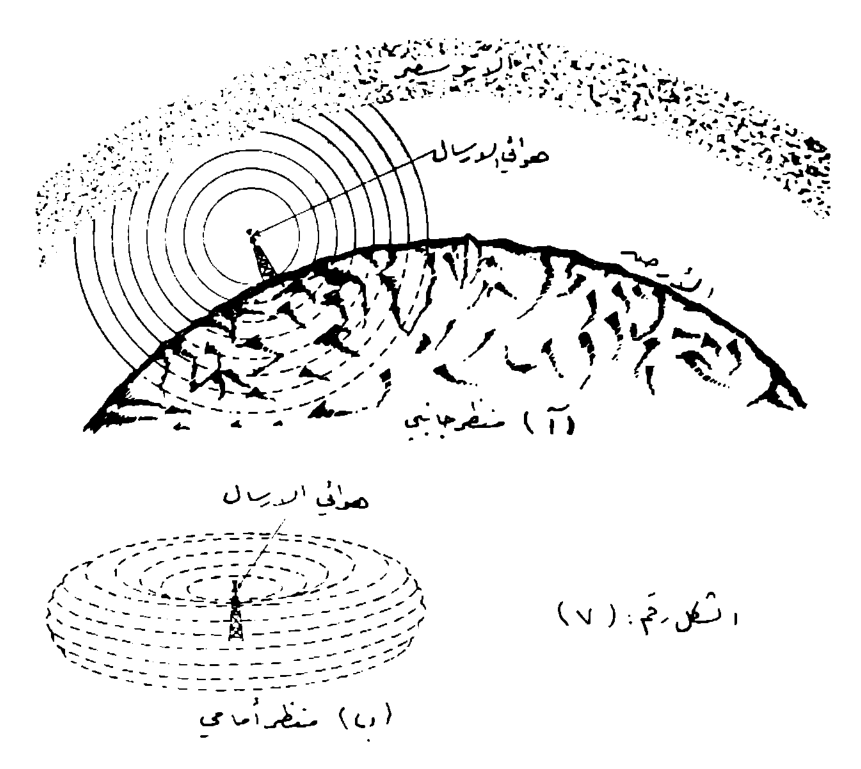
تفاصيل من هـــذا النوع . وسنحـاول تبسيط الأفـكار التي تشرح إرسال القدرة في الفضاء ونقدمها للفنيين ليستعملوها بسهولة.

اصطلاحات :

سنشرح بعض الاصطلاحات المستعملة هنا ، فمثلاً إن استقطاب الموجة يعني أن عناصر هوائي الارسـال وعناصر هوائي الاستقبال يجب أن تكون في نفس المستوي إن كان أفقياً أو كان عمودياً ، تماماً كما هي الحال في المحولات حيث يجب أن تكون أسلاكه في نفس المستوي للحصول على أعلى قدرة منقولة في النظـام الاميركي للارسال التلفزيوني يستعمل الاستقطاب الأفقي ونستطيع أن نعتبر أن الحقل المغنـاطيسي موجوداً في المستوي الأفقي . أما في الواقع فان جبهة الموجة حتى تصل إلى هوائي الاستقبال يصبح لها مركبات أفقية وعمودية وحتى مركبات بيضوية الشكل ، وسبب هذه المركبات هو تغير طورها التي يسببه مسارها في الجو .

لقد استعملنا الآن اصطلاحاً جديداً هو جبهة الموجة ، وقد قلنا فيما سبق أن القدرة تترك هوائي الارسال على شـكل أقياض (Shells) نصف كروية . ومن البديهي أن هذه الأقياض مستقطبة أفقياً . ولو نظرنا إلى طرف إحداها وهي تسير على سطح الأرض كما هو ظاهر في الشكل رقم (٧ آ) لرأينا خطاً عمودياً ، وسنعتبر هذا الخط من الآن فصاعداً هو جبهة الموجة . أما الخطوط المتقطعة في الشـكل رقم (٧ آ) فهي تشير إلى بقية الحقول التي لا تظهر في المرتسم الجانبي ، كما أن الشكل رقم (٧ب) يرينا المرتسم الأمامي لنفس القيض (Shell) . يجب أن نلاحظ أن كل قيض من الأقياض يتألف من عدة حقول أفقية كما هو مبين بالخطوط المتقطعة ، والمسافة التي تفصل بين كل قيض وآخر تساوي طول موجة

واحدة ، أما الشكل رقم (٧ ب) فيرينا خمسة أقياض وهو ما نراه لو نظرنا من ناحية هوائي الاستقبال باتجاه هوائي الارسال وراقبنا الاشـــارات المنسابة باتجاهنا .



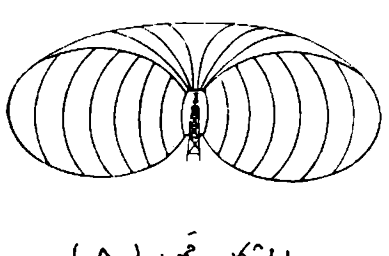
الشكل رقم : (٧)

مسير جبهة الموجة :

دعنا الآن نبحث بعض الظروف التي تصادف جبهة الموجة أثناء مسيرهـا في الجو من هوائي الارسال إلى هوائي الاستقبال . علينا أن نفترض بعض الافتراضات التي قد لا تتفق تماماً مع التحليل الرياضي الخالص ولكنها صحيحة دائماً في الحقل العملي . واحدة من هذه الافتراضات هي وحدة جبهة موجة (Unit Wave Front) التي تسير من جهاز الارسال إلى جهاز الاستقبال.

إن هذا الفرض غير صحيحاً حرفياً ولكننا إذا عاملنا الاشارة بهذه الطريقة تسهل فهم الحوادث التي تؤثر عليها .

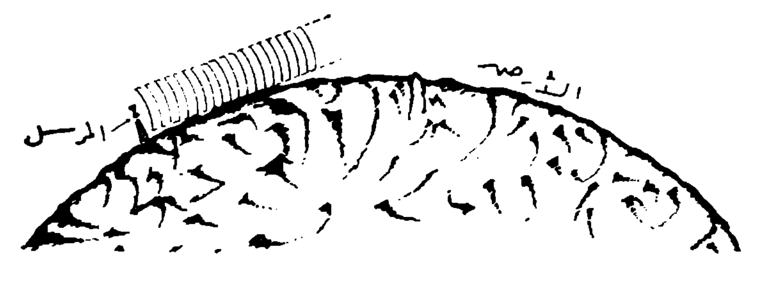
سنفترض الآن أن الاشارات تترك هوائي الارســـال في مجاميع جبهات أمواج ونحن ننظر إلى هـــذه المجاميع من الجانب وستكون هذه المجاميع اما عمودية أو موازية للهوائي ويرينا الشـكل رقم (٨) مقطعاً للتشكيلة بأكملها عندهوائي الارسال.



الشكل رقم : (٨)

عندما تغـادر جبهات الأمواج هوائي الارسال تكون هذه الجبهات عمودية على سطح الأرض وتسير مشكلة زوايا قائمة معها وعلى خط مستقيم أفقي من الهوائي. ولقد نصت النظريات المبكرة في هذا العلم بما يلي :

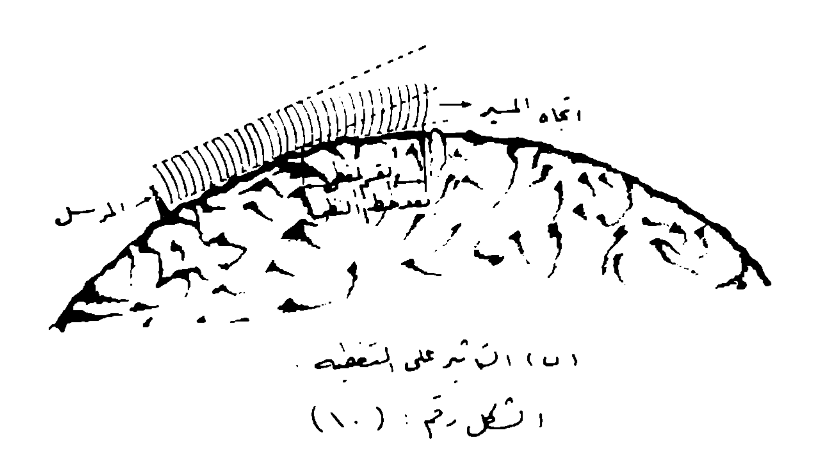
بما أن هذه الأمواج هي أمواج كهرطيسية لذا يجب أن تتصرف كأمواج الضوء ويجب أن تسير دائماً على خط مستقيم ولا يمكن حنيها . ولكن لو كانت هذه النظريات صحيحة لكانت الأمواج التي تغادر هوائي الارسال على خط مستقيم مشكلة زاوية قائمة معه تغـــادر سطح الأرض كما هو مبين في الشـكل رقم (٩) .



الشكل رقم (٩)

لقد برهن أن هذه الفكرة غير صحيحة مائة بالمائة (هذه هي نظرية خط النظر Line of Sight) التي تقول : إن على هوائي الاستقبال أن يكون على خط النظر من هوائي الارسال .

إن أسفل جبهة الموجة يتحرك من سطح الأرض ويسبب إدخال شحنات كهربائية في الأرض تؤخذ قدرتهـــا من الموجة نفسها لذا فستتناقص القدرة الموجودة فيها وسيكون هنـــاك سيلان للقدرة متجه إلى الأسفل كما هو مبين في الشكل رقم (١٠ آ) ويمكننا أن نصف الموجة بأنها تسير وكأنها تجر أزيالها على الأرض جراً وتكون نتيجـة الاحتكاك مع الأرض هو تأخر أسفل الجبهة قليلاً وتقدم أعلاهـا فيحدث ميلان . أما القسم الأعلى من جبهة الموجة فيملىء المسافة من سطح الأرض إلى الاينوسفير ، وبما أن الهواء يخف كلما ارتفعنا عن سطح الأرض لذا فان كثافة الجو تقل وهذا مما يسبب تغيراً في تهبيط الموجة .



(ب) التأثير على التقطعه .

الشكل رقم : (١٠)

إن هذا التهبيط مع التأثير التسارعي الذي تسببه الأقسام العليا من الأمواج التي

تسير مع القسم الأسفل من الاينوسفير تسبب زيادة سرعة الأقسام العليا من الأمواج وبذلك فان زاوية الانحناء تزداد .

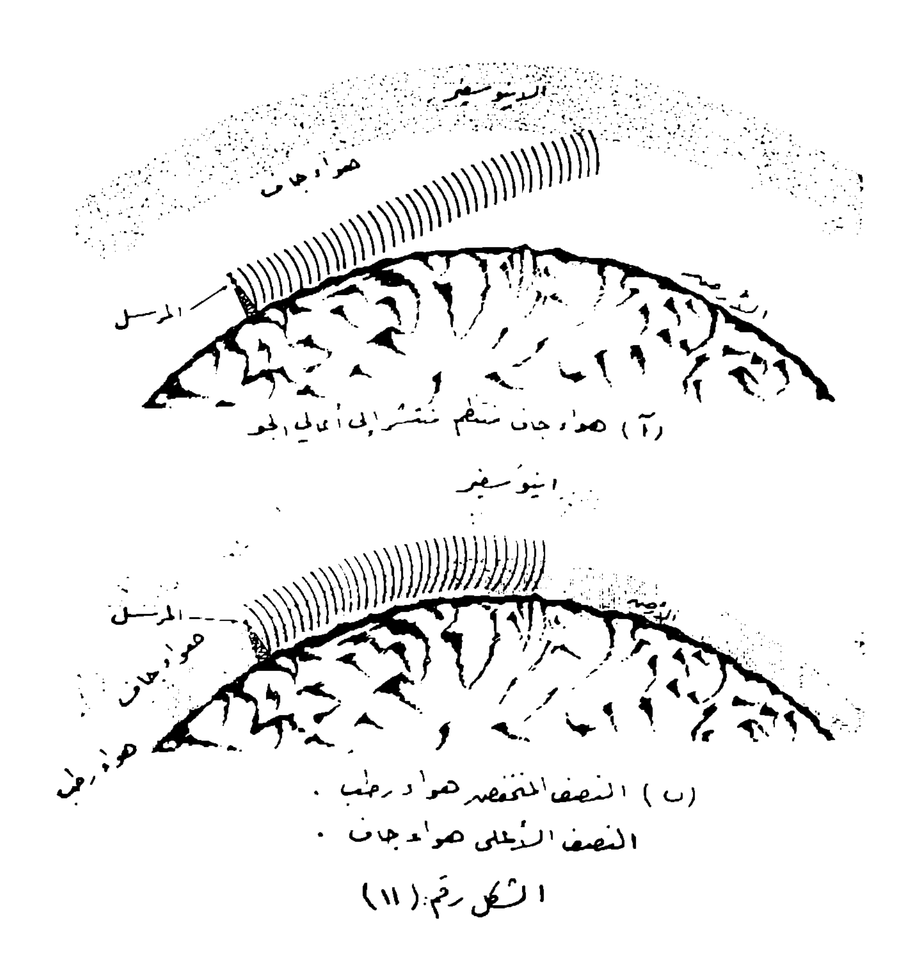
وبما أن جبهات الأمواج لا تزال متعامدة مع محورها الرئيسي فان تأثير مجموعة هذه الشروط تسبب ازدياداً مستمراً لانحناء جبهة الموجة . وبازدياد ميلان جبهة الموجة إلى الأمام تزداد قابلية الموجة في الدوران حول انحناءات الأرض وتصل إلى أمكنة بعيدة جداً عن خط الأفق النظري الذي كان معتقداً بأنه هو الحد الأعظمي لارسال الأمواج ذات التردد العالي والشكل رقم (١٠) يرينا هذه الحادثة .

الشروط الجوية :

إننا تحت هذا العنوان ندخل عاملا جديداً يؤثر تأثيراً كبيراً على الأمواج وهذا العامل هو تركيب الجو الذي تسير فيه جبهة الموجه . وكما قلنا سابقاً فان نقصان كثافة الطبقات العليا من الجو يساعد على تسارع الموجة . كما أن رطوبة الجو في الطبقات السفلى له تأثير كلي على قيمة انحناء الموجة . ويكون مجموع هذه التأثيرات معقداً بشكل أن الرياضيين أنفسهم قد عجزوا عن وضع معادلة تصف هذه التأثيرات بدقة بالرغم من أننا نستطيع أن نتنبأ بنتائجها التقريبية بدقة مقبولة.

إن لتدرج فرق درجة الرطوبة (Moisture differential gradient) تأثير محسوس على درجة ميلان جبهة الموجة . فلنأخذ مثلا يوم صيف حار ناشف حيث تكون درجة الرطوبة في الهواء واحدة حتى أخفض طبقة من طبقات الاينوسفير لذا فان الجو لن يساعد كثيراً على ميلان جبهة الموجة كما أن المدى الذي يمكن أن تستقبل فيه الموجة ذاتها يقصر .

وبالعكس إذا كان الهواء مقسوم إلى نصفين النصف العلوي ناشف والنصف المنخفض رطب فان الميلان يتــأثر تأثراً كلياً كما هو مبين في الشكل رقم (١١) . ويجب أن نلاحظ أنه كلما ازدادت نشافة الهواء في الطبقات العليـا من الجو كلما قل تأثيره على جبهات الأمواج وكلما ازدادت مقاومته كلما ازداد تأخيره لها . وهذا التأخير للأقســام السفلى من الجبهات يزيد في ميلان جبهة الموجة وانحناءهـا باتجاه السطح المنحني للأرض وهذا يسبب



(آ) هواء جاف منتظم منتشر إلى أعالي الجو

(ب) النصف المنخفض هواء رطب .
النصف الأعلى هواء جاف .

الشكل رقم (١١)

ازدياد المدى الذي يمكن أن تستقبل فيه . وتتجلى هذه الظاهرة بوضوح في أيام الصيف .

إن الغيوم المنخفضة يمكن أن تغطي سطح الأرض بينما يبقى القسم الأعلى من الجو صحواً . كما أن الشحنات الكهربائية الموجودة في الغيوم على درجات شدتها المختلفة تؤثر على صفات الإرسال في الجو تأثيراً كلياً . ونحن نشعر بهذا التأثير في أيام الشتاء الصاحية . فمثلاً ان يوماً من أيام الشتاء الصاحية يؤمن لنا استقبالاً ممتازاً من المحطات البعيدة بينما يوم صيف صاح يكون فيه الاستقبال ضعيفاً جداً .

إن هذا الاستقبال الضعيف سببه نسبة الرطوبة في الجو وذلك لأن الشروط الجوية في يوم صيف صاح غير موافقة لتشكل الغيوم وهذا كما جاء معنا سابقاً لا يساعد على ازدياد ميلان جبهات الأمواج وجعلها تساير في مسارها سطح الأرض .

تاثير تردد محطات التلفزة :

إن للتردد الذي تعمل عليه محطة التلفزة تأثير على مدى الاستقبال ، فمثلا إشارة تردد من المجال العالي وفي يوم صاح يمكن التقاطها على مسافة أبعد مما لو كان يوماً غائماً . كما أن إشارة تردد من المجال المنخفض يمكن التقاطها على مسافة أبعد مما لو كان يوماً صحواً . وهذا طبعاً يمكن أن نقول أن سببه هو زيادة التهبيط الجوي لإشارة المجال العالي . وبالمناسبة فان الاستطاعة العظمى لمحطة تلفزة تعمل على تردد من المجال المنخفض هي (١٠٠) كيلواط أما الاستطاعة العظمى لمحطة تعمل على تردد من المجال العالي فهي (٣١٦) كيلواط . والسبب في هذه الزيادة هو التهبيط الإضافي الذي تتحمله إشارة محمولة على تردد من المجال العالي .

نظرة عامة على الهوائيات والانتشار الراديوي

إن غاية القسم التالي من هذا الكتاب هي إعطـــاء القاريء فكرة عامة عن الهوائيات وشرح ، بايجاز ، الاسس النظرية للانتشارات الرديوية بشكل وصفي دون التعرض للتعليل الرياضي . ولن نتعرض أيضـــاً لتفاصيل التصميم بشكل مطول بل سنعطي فكرة موجزة بقدر الامكان عن النظريات التي تطبق عند تصميم هوائي ما .

وبما أننا سنتكلم عن الهوائيات وعن انتشار الأمواج من الضروري أن نبدأ بتصنيف أطوال أمواج الطيف الترددي (Frequency Spectrum) الذي سيعمل به في هذا الكتاب وهي كالتالي :

	طول الموجة	التردد
الأمواج الطويلة	أطول من ١٠٠٠ متر	أقل من ٣٠٠ كيلوتر/ثا
« المتوسطة	١٠٠ إلى ١٠٠٠ متر	٣٠٠٠ إلى ٣٠٠ كيلوتر/ثا
« القصيرة	١٠ إلى ١٠٠ متر	٣٠ — ٣ ميغاتر/ثا
« المتناهية في القصر	١ إلى ١٠ متر	٣٠٠ — ٣٠ ميغاتر/ثا
« الميكروية	أقل من (١) متر	أعلى من (٣٠٠) ميغاتر/ثا

أنه من الأصح أن نستعمل الأسماء التي تشير إلى قيمة التردد ولكن استعمال اصطلاحات أطوال الأمواج تعطينا فكرة مباشرة عن مقاييس الهوائي الذي يمكن استعماله .

ولا يخفى على القـارىء أن أكثرية العـــاملين في حقل الراديو والتلفزة يفضـــلون استعمال طول الموجة بدلاً من عدد التردد الخاص بالموجة المستعملة بالرغم من أن ذكر التردد هو الأصح وحينما نذكر طول الموجة دون أي تعريفات

أخرى يجب أن نفهم أننا نعني طول الموجة في الفضـاء الحر (Free space) المعطـاة بالقانون التالي :

$$\lambda \text{ متر} = \frac{3 \times 10^8}{f_{c/s}}$$

الشروط الواجب ملاحظتها ليحدث الانتشار عن دارة ما

الانتشار عن عناصر تيارية :

إن الحقل المنتشر عن دوبليت هو أحسن حقل نعامله عندما نتحدث عن الحقل الكهربائي المغناطيسي الذي يسببه مشعاً (Radiator) ما . والتعريف الميكانيكي للدوبليت هو التالي :

إن الدوبليت هي عبارة عن قطعة صغيرة من السلك يحرضها تيار منتظم . والقطعة الصغيرة نعني بها التي طولها قصير لو قورنت بطول الموجة . ومن المدهش حقاً أننا نستطيع تقسيم أي هوائي إلى عدة دوبليت ومن ثم نـكامل (Integrate) الحقول المنتشرة عنها لنحصل على الحقل العام .

ولو حللنا الحقل المنتشر عن دوبليت لوجدنا أنه يتألف من:

آ — الحقل الكهربي الراكد (Electrostatic field)المتعلق على التوزيع الآني للشحنات الكهربائية .

ب — الحقل التأثيري (Induction Field) الذي تحدده سرعة الشحنة في الدارة (عندما نقول سرعة الشحنة نعني سرعة التيار).

حـ — حقل الانتشار المتعلق بتسارع الشحنات (وهذا يعني التردد وشدة التيار) . إن حقل الانتشار يتغير بنسبة مقلوب المسافة ($\frac{1}{\text{المسافة}}$) مرفوعة إلى أس واحد بينما الحقل التأثيري والحقل الراكد يتغيران بنسبة مقلوب المسافة

إلى أس اثنين وأس ثلاثة بالترتيب . وكنتيجة لهذا فان حقل الانتشـار يصبح الحقل الفعال باستثناء الاتجاه على طول المحور حيث يكون حقل الانتشار صفراً . ومثالاً على هـــذا فان حقل الانتشار في السطح الموازي لخط الاستواء (Equatorial Plane) للدوبليت وعلى بعد يساوي طول موجة واحدة منها يشكل (٩٥ ٪) من مجموع الشدة الكهربائية .

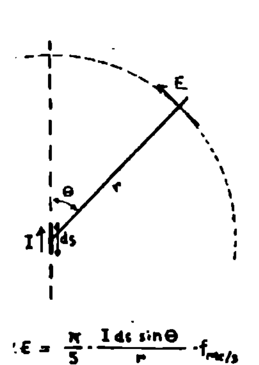
لذا فنحن نستطيع أن نستعمل كلمة « حقل » بدلا من أن نقول حقل الانتشار إلا في جوار المشع أو على طول المحور .

مما سبق ومع الشروط التي ذكرناهـــا نستنتج أن الحقل الذي يسببه دوبليت يتوقف على :

١ — شدة التيار .

٢ — اتجاه نقطة الحقل .

٣ — التردد .



$E = \frac{\pi}{5} \cdot \frac{I\, ds \sin\theta}{r} \cdot f_{mc/s}$

الشكل رقم (١٢)

وهذه كلها واضحة في الشكل رقم (١٢) حيث نلاحظ أن (E) شعاع الحقل الكهربائي موجه على خط طول (Longitude) وان (I) هو التيار الساري في المشع وأن (ds) هي وحدة من طول المشع و (r) هي المسافة إلى النقطة التي يجري القياس عليها .

إن الحقل المشع ينتج عن خروج الاستطـاعة (Power) من السلك التي تسير بسرعة الضوء ، فاذا لم يكن هناك بعض العواكس (Reflector) فان هذه الاستطاعة التي

خرجت عن السـلك تتلاشى . لذا نقول ان الهوائي هو عنصر مبدد للاستطاعة (Dissipator) ، ولذا يجب أن يكون لمدخله مقاومة معينة . إن تأثير السطوح الماكسة أو الأسلاك هو أنها تغير قيمة مجموع الاستطاعة المبددة وبالتالي تغير قيمة مقاومة المدخل

إن هـذه المقـاومة الظاهرية للهوائي تسمى مقـاومة الاشعاع (Radiation resistance) وتعطي بمجموع الاستطاعة المبددة عندما تضرب بمربع قيمة التيـار الذي يسري في المشع .

إن قيمة التيار تتوقف على النقطة التي تقاس عليها ، لذا فان مقاومة الاشعاع تقاس في نفس النقطة أيضاً ، وبالعـادة تكون نقطة المرجع (Reference Point) أما على نهايتي مدخل الهوائي أو على ضد عجرة (هي نقطة على موجة واقفة يكون عليها التوتر أو التيار أعظمياً) (Anti node)التيار.

ولنشرح تأثير التردد على صفـات الهوائي نأخذ سلكاً قصيراً ونغذيه في الحالة الأولى بمولدة تردد ترددها (f_1) ، ومن ثم في الحالة الثانية نغذيه بمولدة تردد ترددها (f_2) حيث تكون (f_1) أصغر من (f_2) .

نلاحظ أنه للحصول على حقل منتشر له نفس الشـدة في نقطة معينة علينا أن نمرر تياراً أكبر عند استعمال التردد المنخفض (f_1) منه عندما نستعمل التردد الأعلى (f_2) لأن شدة الحقل تتناسب مع التيار × التردد . ولو فرضنا أننا نغذي الدارة بنفس الاستطـاعة في الحالتين وأنه ليس هناك ضياع على شـكل حرارة ينتج أن المولدة في الحالة الأولى تغذي دارة مقـاومتها الفعالة (Effective Resistance) $\left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2$ مرة أصغر من المقاومة الفعالة في الحالة الثانية وهذا يعني أن مقـاومة الاشعاع لهوائي قصير تتغير بنسبة مربع التردد .

مما تقدم يظهر أنه من السهل الحصول على نفس شدة الحقل عندما نستعمل التردد الأصغر (f_1) أو التردد الأعلى (f_2) على شرط أن تكون المولدة قادرة على تقديم الاستطاعة المطلوبة لحمل مقاومته صغيرة كما هي الحالة في الدوبليت.

وعملياً تخلق هذه المسألة مشكلة صعبة الحل في استعمال التردد عندما يكون طول الهوائي قصيراً بالنسبة لطول الموجة ، بالإضافة إلى أن الضياع الحراري مشكلة مهمة أخرى في شروط من هذا النوع وخاصة عندما تشكل الأرض جزءاً من دارة الهوائي . وتنشأ أيضاً صعوبة ثالثة من الهوائي القصير وذلك لأنه ذو مدافعة مكثفية أعلى . لذا علينا أن نلغيها باضافة مدافعة ملفية وبذلك ومع الأسف نزيد مجبرين الضياع الحراري .

المشعات العملية

لقد تحدثنا حتى الآن عن هوائي مؤلف من قطعة قصيرة من سلك معدني ، أما في الحالات العامة للهوائيات فان شدة الحقل تتوقف على شكل التيار وطوره منظوراً اليه من النقطة المراد فحص الحقل عليها .

إن الشكل رقم (١٣) يرينا عدة حالات ، فمثلاً في الشكل (آ) تكون شدة الحقل على بعد (p) صغيرة جداً عندما تكون ($d << \lambda$) . وكما نلاحظ أن هذه الحالة تمثل خط إرسال عادي ، البعد بين موصليه صغير نسبياً . وعندما نزيد المسافة بين الموصلين نزيد شدة الحقل على النقطة (p) حتى نصل إلى القيمة العظمى عندما تصبح (d) تساوي $d = \frac{\lambda}{2}$.

ولكن عندما نزيد المسافة (d) يبدأ الحقل بالتصاغر مرة أخرى حتى تصبح ($d = \lambda$) عندها يصبح الحقل على النقطة (P) ملغى تماماً (يجب أن نلاحظ أن الحقلين يضافان إلى بعضها في بعض الاتجاهات الأخرى غير الاتجاه نحو النقطة P).

(آ)

(ب)

(ج)

اتجاه البث صفر

اتجاه البث الأعظمي في المستوى العمودي

$d << \lambda$

$l \approx \lambda$

الشكل رقم (١٣)

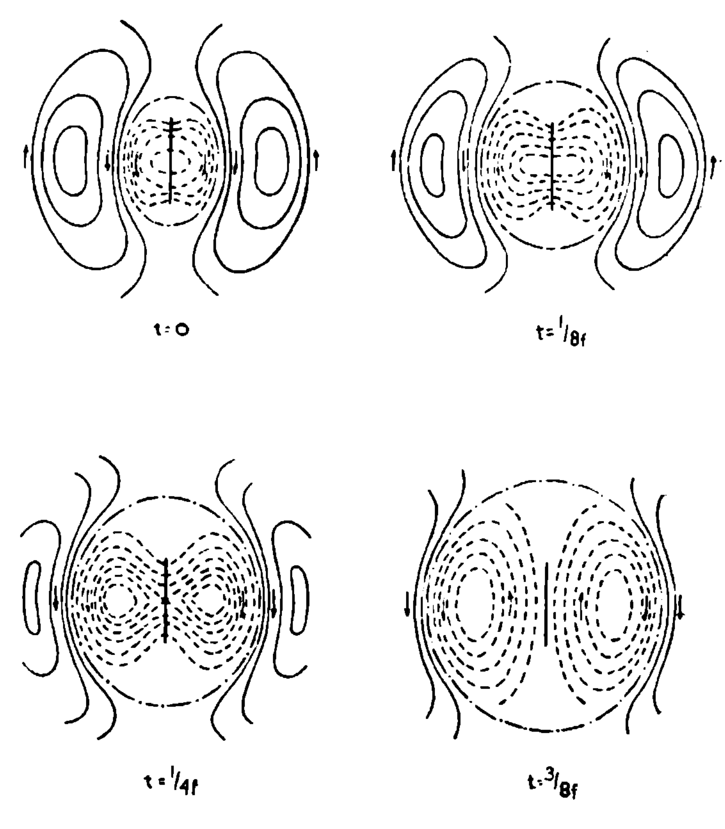
أما في الشكل (١٣ ب) حيث نشاهد هوائي انشوطي (Loop antenna) بثه مهملا على نقطة بعيدة عنه إذا كانت($\lambda >> d$) ، وذلك لأن لكل عنصر تيار (dI') يوجد عنصر يعاكسه في الاتجاه (dI'') . لهذا نستطيع أن نهمل الانتشار أو البث الصادر من ملف تردد رديوي مقاييسه صغيرة بالنسبة لطول الموجة التي يعمل عليها .

أما في الشكل رقم (١٣ ج) فاننا نشاهد خط إرسال ثنيت نهايتيه إلى الخارج حتى أصبحتا متماثلتين . لذا فان البث من القطعتين يساعد بعضه البعض في الاتجاه المبين (اتجاه البث الأعظمي) .

وبما أن نهاية خط الإرسال قد أصبحت الآن مشعاً جيداً فستكون الاستطاعة الضائعة على شكل حرارة أكبر من الحالة الأولى حيث كان الموصلان مستقيمان (إن هذا مرسوم في نفس الشكل بخط متقطع) ويمكن تمثيل نفس الضياع إذا فرضنا أن للخط مقاومات موصلة على التوالي .

وباتباع هـــذه الطريقـة نحصـل على خط إرســـال مـكافىء (Equivalent transmission line) ممانعة مدخله تساوي ممانعة مدخل الهوائي في حديها الحقيقي (Real) والخيالي (Imaginary). وسنستعمل هذه الفكرة في حسابات الهوائيات التي سنأتي على ذكرها .

إن المناقشة الأخيرة تشير انه إذا أردنا الحصول على بث جيد من دارة يسرى فيها تيار متغير يجب فتح هذه الدارة إلى الخارج وذلك لتأمين ممر للتيـار

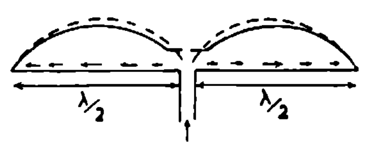


الشكل . (١٤)

ويجب أن يكون طول هذه الفتحة مكافئاً (مساويا تقريباً) لطول الموجة ، دون أن ندخل (بواسطة هذه الفتحة) ممراً جديداً يمكن أن يمر فيه تياراً يعاكس في طوره التيار الأول ناظرين اليها من النقطة التي نقيس عليها في الحقل المبثوث .

إن أحد الحلول الكثيرة مصور في الشكل رقم (١٣) ومعاد ثانية في الشكل رقم (١٤) بعد ان وضعت المولدة مباشرة على طرفي هوائي ، حيث في هـــذا الشكل مصور فيه شكل خطوط القوة الكهربائية بأوقات متغيرة لدورة كاملة . إن هذه الصور ترينا كيف يمكن أن نتخيل القدرة المبثوثة عندما تقفز عن الهوائي تحت تأثير التغير السريع للتيار على طول السلك .

إن توزع التيـــار على طول الهوائي يشكل موجة واقفـــة (Standing Wave) لأن الانعكاس الكامل يحدث على نهاية السلك ، وهذه الموجة الواقفة ليست جيبية تماماً كما هي الحال في قسم خط إرســـال لاضياع له (Losslessline) ولكن توزع تياره معدل قليـــلا عن توزع تيار خط إرسال مكافىء له في مجموع ضياعه كما في الشكل رقم (١٥).

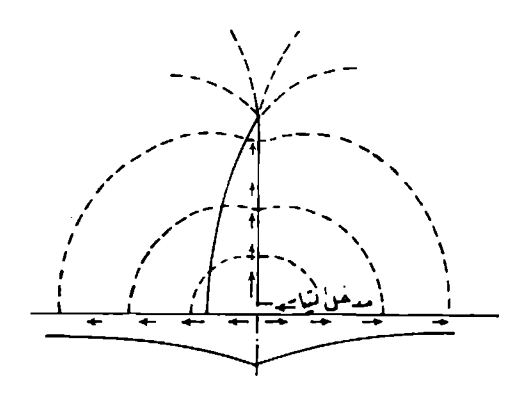


الخط الكامل: توزع التيار عملياً
الخط المتقطع: توزع التيار جيبياً كما يعتبر في الحسابات النظرية.
الشكل رقم (١٥)

والحل الآخر مصور في الشكل رقم (١٦) حيث بدل النصف الأسفل من الهوائي بموصل جيد ، هي الأرض ، كما هي الحال عند استعمال الأمواج الطويلة والأمواج المتوسطة .

لا يزال لدينا موجة واقفة كما كان الحال من قبل ولكن التيار في

العضو الأسفل يجيش (Surge) قطرياً من وإلى قاعدة الهوائي . يجب أن ندرك أننا عندما تشكل الأرض الموصل الأسفل للهوائي سيكون هناك ضياح كبير من الاستطاعة على شكل حرارة ، ولتقليل هذا الضياع من الضروري أن نطمر موصلات قطرية إضافية في الأرض ، كما يمكن استعمال أرض اصطناعية أو شبكة توازن (Counter poise) .



الخط الكامل : منسوب مطال التيار مصور بيانياً

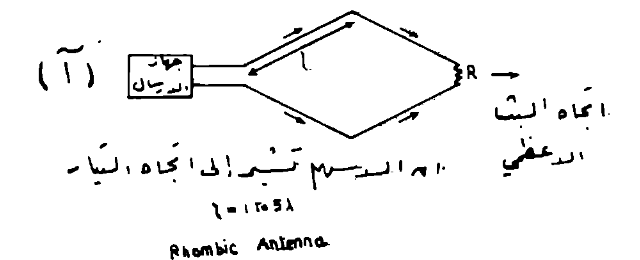
الخط المتقطع : خطوط القوة الكهربائية في الفضاء

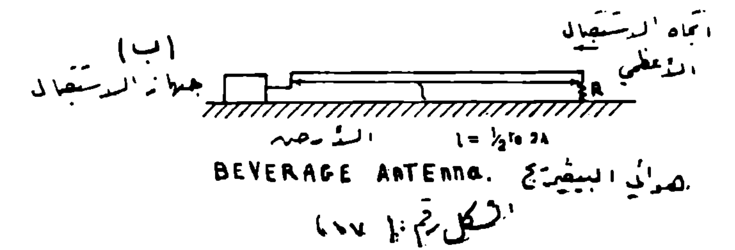
الشكل رقم (١٦)

ونلاحظ أننا في كلا الحلين المذكورين نستعمل خاصة الموجة الواقفة ، وهذا يعني أننا نتغلب على صعوبة عودة التيار القريب بحذف الموصل الذي يشكل طريق عودة التيار كلياً أو بترك الطرفين ليشكلان دارة مفتوحة تسبب جيشان التيار إلى أعلى وأسفل الموصلان المفتوحان . مما تقدم نستطيع القول أنه يمكن اعتبار هذه العملية كعملية شحن وتفريغ سريع لمكثفة ، خطوط القوة الكهربائية فيها تملىء الوسط المجاور كله وتتألف من السعة بين الموصلين على طرفي المولدة .

على أي حال فنحن لسنا مجبرين أن نتبع في تحليلنا طريقة الموجة الواقفة

بل نستطيع القول انه إذا كان هناك قسماً من خط إرســــال قد وصل توصيلا صحيحـــــاً وفتح فتحة كافية فان الاشعـــاع عن طريقه لن يلغي أحدهما الآخر بل سينتج عن ذلك بث منتظم في إحدى الاتجاهات . وهـــــذا الاتجاه الذي سيكون فيه البث منتظم يحدده الزمن وطور التيار في الفضـــــاء (Space phasing) للعنـــاصر التي يمكن تحليل جملة الهوائي اليها . والهوائي النموذجي الذي يمثل هذا النوع هو الرومبيك (Rhombic) المصور في الشكل رقم (١٧ آ) والشكل التالي لهوائيات الموجة الواقفة هو هوائي بيفيريج (Beverage antenna) أو هوائي الموجة (Wave antenna) المصور في الشكل رقم (١٧ ب) والذي تشكل فيه الأرض إحدى الموصلين . ويستعمل هذا الهوائي بصورة خاصة للاستقبال لأنه يعتمد على ضياع الأرض لينتج تأثير الموجة على جهاز الاستقبال . وعلى أي حال فان ضعف مردوده كهوائي إرسال يعوضها إلى حد ما توجيهه العالي وارتفاعه ، لذا فاننا سنجد في أجهزة الارسال بعض الهوائيات الموجية .





وسنلاحظ أننا إلى جانب امكان تصنيف الهوائيات إلى هوائيات ذات موجة واقفة أو موجة متحركة بالإمكان أيضاً تصنيفها إلى هوائيات مؤرضة وهوائيات غير مؤرضة .

الهوائيات ذات المشعات المؤرضة وغير المؤرضة

الهوائي المعزول (غير المؤرض) أو هوائي هرتز:

عندما أجرى العالم هرتز (Hertz) تجاربه الكلاسيكية في سنة (١٨٨٨) استعمل هوائياً مؤلفاً من عدة أنشوطات (Loops) سلكية موصلة نهاياتها على فجوة شرارية (Spark gap) وقد غذي هوائي الارسال بالتسلسل بليدن جار[١] (Leyden jar) بينما أنشوطة مشابهة (ولكن بدون ليدن جار) قد وصلت لتشكل المستقبل . وقد كان التردد المضمحل المولد بهذه الطريقة يعطينا موجة طولها ثمانية أمثال قطر الانشوطة . ويمكننا أن نزيد القول بان هرتز قد استعمل أيضاً عاكس على شكل قطع مكافىء (Parabolic reflecting sheet) ركزت الاشعاع (البث) من الفجوة الشرارية (Spark gap) المهتز وبذلك فقد ابتكر الهوائي الموجه الذي أصبح أكثر انتشاراً بعد ان تحسن تصميم المهتزات المكروية . وهكذا نرى أن هذه التجارب الأولية قد استعملت مشعات معزولة (غير مؤرضة) للأمواج المكروية.

إذا وضع المشع المعزول على ارتفاع من الأرض أكبر من طول الموجة فاننا

---

(١) الليدن جار هو أقدم أنواع المكثفات ابتكرته جامعة ليدن ويتألف من قطرميز من البلور ليشكل العازل الكهربي وقد دهن سطحه الداخلي والخارجي بطبقة معدنية موصلة ليشكلا طرفي المكثفة .

نستطيع أن نهمل تأثيرها على صفات المشع ، وبذلك فاننا نتحاشى ضياع الاستطاعة ونحصل على منسوب عالي للقدرة المبثوثة على القدرة الضائعة . إن هذا الوضع المستحب يساعده قصر طول الموجة التي تساعدنا على استعمال مشعات مقاسها من مضاريب طول الموجة (إن هذا ينتج من الفرض الأول بانه من الممكن عملياً أن نضع الهوائي على ارتفاع من الأرض على أقل تقدير . يساوي طول الموجة) .

اننا نستعمل كلمة مشع بدلا من كلمة هوائي إرسال ولكن يجب أن ندرك أن نفس الملاحظات تنطبق على هوائي الاستقبال . وفي الواقع أن هوائي الاستقبال هو نفسه هوائي الارسال يأتيه فرق الجهد من الفضاء بعكس هوائي الإرسال الذي يكون فرق جهد التحريض فيه مركّز . لذا فستغني كلمة مشع في هذا الفصل عن كلمة هوائياً محرضاً إن كان للارسال أو الاستقبال . ولكن يجب أن نلاحظ أنه عند تصميم الهوائي يبدأ التفريق بين الاثنين حيث يهمنا في الحال الأول أن نبث أكبر كمية ممكنة من الاستطاعة ، بينما في الحالة الثانية يهمنا منسوب الإشارة على التشويش .

إن هوائيات التلفزيون هي المثال العملي للهوائيات المعزولة ، بالاضافة إلى مجاميع عناصر هوائيات الأمواج القصيرة (Short wave arrays) وهوائيات القطع المكافىء (Parabolic antenna) والمشعات البوقية (Horn antenna) . وإن الصفات المميزة لهذا النوع من الهوائيات هو أننا نستطيع تطبيق قوانين الضوء الهندسية العادية عند دراسة البث الناتج عنها ، أي بكلمة أخرى نستطيع اعتبار هذه المشعات كمصدر لأمواج كروية (Spherical waves) تحلل دون اعتبار أي تأثير للأجسام المجاورة لها كالأرض ... وغيرها .

الهوائيات المؤرضة أو هوائيات ماركوني :

لقد استعملت المشعات المؤرضة والأمواج الطويلة في أول محاولة ناجحة للاتصال الرديوي البعيد المدى . ولقد كانت هذه المحاولة الناجحة سنة ١٩٠١ حيث أرسل ماركوني إشارة عبر الاطلانطيق وكان كلا الهوائيين (هوائي الارسال وهوائي الاستقبال) مؤرضان كما كان طول الموجة (١٣٠٠) متر . لقد كان هوائي الإرسال المركب في كورن ويل (Corn well) على شكل مروحة معلقة بين صاريين ارتفاع كل منهما (٥٢) متراً ، بينما في نيوفوندلاند (Newfound land)حيث تم الاستقبال استعمل سلكاً بطول (١٥٠) متراً معلقاً في طائرة ورق .

إن سبب نجاح هذه التجربة هو وجود الطبقات العاكسة في الجو بالإضافة إلى استعمال تردد عالي يستطيع اختراق هذه الطبقات . ونحن يهمنا من هذه التجربة نوع الهوائي الذي استعمله ماركوني . في الواقع لقد ابتكر ماركوني هوائياً شكلت الأرض جزء من دارة المهتز وبذلك فقد أصبحت المقاييس السوية (Linear dimeusion) للهوائي نصف ما كانت عليه من قبل بينما احتفظت بنفس توزيع التيار الأصلي على النصف الأعلى من المشع المعزول.

ويمكن تلخيص الوضع الحاضر بما يلي :

تستعمل المشعات المؤرضة مع أمواج طويلة جداً للمسافات الطويلة والخدمات التجارية كما تستعمل مع الأمواج المتوسطة لمحطات الاذاعة المحلية . بينما تستعمل الهوائيات المعزولة مع الأمواج القصيرة للخدمات التجارية والاذاعة والهواة لتعطي مسافات معتدلة ،ومع أمواج متناهية في القصر للخدمات الحماية المختلفة،ومع الأمواج الميكروية لأغراض متعددة كالرادار وقائس الارتفاعات(Radio altimeter) وأجهزة الهاتف اللاسلكي النقطي (Radio telephone links) .

تلحين المشع :

من المعروف في عالم الكهرباء أننا إذا أردنا الحصول على تيار أعظمي في دارة ما علينا أن نجعل المدافعة (Reactance) التسلسلية تساوي صفراً وبما أن البث عن هوائي ما يتناسب مع التيار المار فيه لذا نقول أننا أيضاً بحاجة لتلحين الهوائي للتخلص من المدافعة .

إن للهوائي المزدوج القطب (Dipole) النموذجي الذي طولة فعلاً يساوي نصف طول الموجة التي يعمل عليها ممانعة تساوي (٧٥) أوم موصلة بالتسلسل مع مدافعة ملفية (Inductive reactance) قدرها (٤٢) أوم . وأسهل طريقة للتخلص من هذه المانعة الملفية أن نقصر طول المشع بحوالي (٥) بالمائة من طوله الأصلي بدلا من إضافة مكثفة بالتسلسل مع المشع . وعندما تصبح المدافعة الملفية تساوي صفراً تكون مقاومة البث (Radiation resistance) قد أصبحت بين (٦٠ إلى ٧٠) أوم . ان الهوائي الديبولي النصف موجي ملحن بالطريقة المشروحة أعلاه يمثل هوائياً ممتازاً لأننا إذا كان توصيل الموصل الذي نستعمله معقولا فان مقاومة الضياع (Loss resistance) لا تتجاوز كسور الأوم الواحد .

إن لأكثر الهوائيات المؤرضة مايسمى بالارتفاع الكهربائي (Electrical height) وهو عادة أقصر من ربع طول الموجة ، لذا فمن الضروري تلحين المدافعة المكثفية (Capacitive Reactance) لهذا الهوائي بواسطة ما يسمى بملف التحميل (loading Coil) نضمه على قاعدة الهوائي .

وتتعقد الحالة عند استعمال الأمواج الطويلة لأن البث يجب أن يكون كبيراً بينما يجب أن تكون المقاومة صغيرة وذلك لتصبح مقاومة البث في هوائي موجة طويلة لا تتجاوز كسوراً من الأوم الواحد . في حالات من النوع المذكور

يكون الملف مشكلا من أسـلاك ليتز[1] (Litz wire)فيه حوالي(٦٠٠) سلك معزول .

جدارة هوائي

في حالات كثيرة وخاصة عند استعمال المشعات العامودية من المستحسن أن نعبر عن جودة هوائي باصطلاح نسميه جدارة الهوائي (Figures of merits) وتعني هذه الجدارة شدة الحقل في اتجاه معين على بعد (١) كيلومتر عندما تكون الاستطاعة المدخلة (١) كيلوات . وعندما لا نذكر الاتجاه فانها تعني اما على طول الأرض أو في المستوي الموازي لمستوي خط الاستواء عندما يكون الديبولي موجوداً في الفضاء الحر .

ولو فرضنا أن مقاومة البث لديبول نصف موجي (٧٣،٢) أوم نجد أن شدة الحقل في المستوي الموازي لمستوي خط الاستواء على بعد (١) كيلومتر يساوي إلى:

$$E = 222 \text{ mV/m} \qquad (١)$$

وبما أن شدة الحقل تتغير طردياً مع نسبة جزر مربع الاستطاعة وعكسياً مع المسافة يصبح التعبير السـابق بالشكل التالي :

$$\frac{E_{mV} D}{\sqrt{P}} = 222 \qquad (٢)$$

---

(١) سلك ليتز هو عبارة عن موصل مؤلف من عدد من أسـلاك النحاس المعزولة مقاومته لتيار التردد الرديوي صغيرة . توصل هذه الاسلاك معاً في نهاية الموصل وبما اننا بهذه الطريقة نقلل من التأثير الجلدي فاننا نحصل على عامل (Q) أعلى من العامل لسلك واحد له نفس المقطع .

حيث : Emv = شدة الحقل بالميلي فولت/متر

D = المسافة بالكيلومتر

P = الاستطاعة المبثوثة بالكيلوات

ولكن مع الأسف أن الوحدات المستعملة في القانون أعلاه ليست وحدات مكثية لذا فقد أعطي القانون التالي بالواحدات المذكورة بدقة قدرها $\frac{1}{2}$ ٪

$$\frac{Er}{\sqrt{W}} = 7 \qquad (٣)$$

حيث : E = شدة الحقل بالفولت/بالمتر

r = المسافة بالامتار

w = الاستطاعة المبثوثة بالواط

إن الحالة المماثلة لحالة الديبول في الفضاء الحر هي حالة المشع العمودي الربع موجي (Quarter wave vertical radiator) المصور في الشكل رقم (١٨) . إن ممانعة هذا النوع من الهوائيات تساوي تماماً نصف ممانعة هوائي الفضاء الحر وهذا يعني أن ممانعة الهوائي الربع موجي (٣٦،٦) أوم (تعتبر هذه القيمة ٣٦ أوم أو ٧٢ أوم للهوائي النصف موجي لأن القيمة النهائية لا تزال غير مقررة) .

لذا فان الهوائي المصور في

$\lambda/2$ — جدارة الهوائي

$\frac{Er}{\sqrt{W}} = 7$ أو $\frac{E_{mv}D}{\sqrt{P}} = 222$

$\lambda/4$ — جدارة الهوائي (المشع في الأرض صفراً)

$\frac{Er}{\sqrt{W}} = 10$ أو $\frac{E_{mv}D}{\sqrt{P}} = 314$

E = شدة الحقل بالفولت/بالمتر .

Emv = شدة الحقل بالميلي فولت / بالمتر .

W = الاستطاعة المبثوثة بالواط .

P = الاستطاعة المبثوثة بالكيلوات .

r = المسافة بالمتر .

D = المسافة بالكيلومتر

الشكل رقم (١٨)

الشكل رقم (١٨ب) إذا أدخلنا فيه استطاعة معينة كان التيار الساري فيه يساوي ($\sqrt{٢}$) التيار الذي يمر في هوائي نصف موجي كما في الشكل رقم (١٨ آ) في حالة مماثلة .

$$\frac{E_m \nu D}{\sqrt{P}} = 3{\cdot}14 \qquad (٤)$$

وهذه الشدة الإضافية في حقل الهوائي المؤرض سببها أن القدرة تبث خلال نصف الكرة الأرضية فقط .

وفي الوحدات المكثية تصبح جدارة الهوائي المذكورة أعلاه بدقة ١ ٪ كالآتي :

$$\frac{Er}{\sqrt{W}} = 10 \qquad (٥)$$

ونلاحظ في كلا الحالتين عند استعمال الجملة المكثية يصبح التعبير عن الجدارة بسيطاً كما أن الدقة مرضية جداً إذا أخذنا بعين الاعتبار عدم دقة قيمة مقاومة البث . على أي حال فان المعادلة رقم (٣) أو المعادلة التالية المخصصة للهوائيات القصيرة (Short antenna) سنجدهما صالحتين لحسابات الأمواج الطويلة والمتوسطة بينما المعادلة رقم (٢) تصلح لحسابات الأمواج الأقصر .

إن معادلة الهوائيات القصيرة (وهذا يعني الارتفاع أقل من ٠،١ λ) صالحة وسهلة التطبيق وتشكل الأساس لأكثر مصورات الخطوط البيانية لشدة الحقل وقد أعطيت بالمعادلة التالية :

$$\frac{E_m \nu D}{\sqrt{P}} = 300 \qquad (٦)$$

أما الهوائيات العمودية التي يزيد ارتفاعها عن (٠،١ λ) فانعامل التناسب (Proportianility Factor) المستعمل في الخطوط البيانية لنسبة الارتفاع على طول الموجة وشدة الحقل .

وعندما نبحث المشعات المؤرضة يجب أن نتذكر أن جدارة الهوائي لا تعطينا

سوى شـــدة الحقل على أية مســافة إذا كانت الأرض موصلة كاملة (Perfect Conductor) ولكن على بعد عدة كيلومترات سيكون هناك ضياع في الأرض وهذا طبعاً سيخفض شـدة الحقل حتى لو كان للهوائي جملة عودة على أرض تعتبر موصلاً كاملاً . ولقد اعتبرت القراءات المأخوذة على بعد واحد كيلومتر ، عند استعمال الأمواج المتوسطة هي جدارة الهوائي ولكن في الأمواج القصيرة حتى على بعد واحد كيلومتر فان شدة الحقل المقاسة تكون أقل بكثير من الشدة النظرية للحقل .

وهكذا نرى أن جدارة الهوائي ليست سوى دليل يشـير إلى شدة البث الأفقي لهوائي ما . أما عند تقدير شدة الحقل فيجب أن يؤخذ ضياع الأرض بعين الاعتبـار .

الفصل الثاني

تأثير الأرض والأمواج

تاثير الأرض :

عندما نبحث تأثير الأرض على الهوائيات وانتشار الأمواج الرديوية من المستحسن أن نبدأ أولاً بحالة نظرية ونعتبر الأرض موصلاً كاملاً. ففي الأمواج الطويلة تحاول الارض أن تقارب حالة الموصل الكامل . ولكن في الأمواج المكروية فان التقريب الصحيح هو أن نعتبر الأرض عازل كهربي كامل (Perfect dielectric) أما في الأمواج المتوسطة فيجب أن نأخذ بعين الاعتبار قيمة توصيل الأرض وقيمة عزلها الكهربي .

عندما نعتبر الأرض موصلاً كاملاً يمكن أن نعتبر أن للهوائي خيالاً في داخل الأرض كما هو مصور في الشكل رقم (١٩ آ و ب) للهوائيات العمودية والافقية بالترتيب وبذلك يكون الحقل المنتشر فوق الأرض مجموع الحقلين المنتشرين عن الهوائي نفسه وخياله داخل الأرض . إن الحقل المنتشر عن هوائي عمودي يساعده ويزيده حقل خياله . أما الحقل المنتشر

(أ) (ب) (ج)

عنصر عمودي عنصر افقي عنصر مائل

الشكل رقم (١٩)

عن هوائي أفقي فان الحقل المنتشر عن خيـاله يلغيه تماماً . ومن هذا نلاحظ أن النوع الأخير (الهوائي الأفقي) لا يصلح للبث قرب سطح الأرض حتى لو وضعنا في حســابنا القيمة المحدودة لتوصيل الارض . وبصورة عامة فان الانتشار قرب سطح الأرض يكون ضعيفـاً نسبياً بصرف النظر عن طول الموجة .

لذا فاننا نعود إلى استعمال المشع العمودي وخياله الإيجابي إذا أردنا بثاً جيداً قرب سطح الارض . إن أول بحث كلاسيكي ظهر في هـــذا الموضوع كان سنة ١٩٠٩ وقام به العلامة سمرفليد (Sommerfed) وقد حلل هذه الحالة نظرياً معتبراً أن الارض مسطحة . وبعد عشرة سنين قام العلامة ويل (Weyl) ببحث من نفس النوع وأشـار بوضوح كيف أن مجموع شدة الحقل تتألف من مركبتين هما :

١ — موجة في الفضاء (Space wave) الناتجة عن الاشعة المباشرة والاشعة المنعكسة عن الارض تبعاً لقوانين انعكاس الضوء .

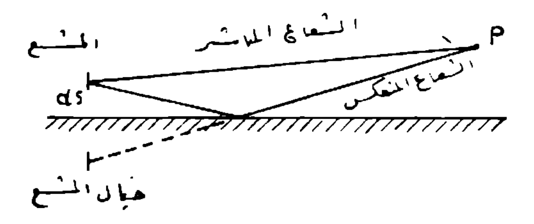
٢ — موجة سطحية (Surface wave) الناتجة عن الواقع الفيزيائي بان المستويات ذات الارتفـاعات الثابتة لا تتطـابق مع المستويات ذات الطور المتعـادل (Equiphase planes) . إن موجة من هذا النوع تستطيـع أن تسير بطريقة مائلة على سطح وسط معين دون أي انعـكاس عن السطح نفسه .

إن الحل الذى جاء به العلامة ويل يحتوي على موجة سطحية لا تعادل التي جاء بها سمرفليد وهذا الفرق لا يظهر إلا عندما نضع في حســاباتنا ثابت العزل الكهربي للأرض وحيث يكون هـــذا الأخير كبيراً بالنسبة لحاصل ضرب عامل توصيل الأرض مع طول الموجة . ولجعل هذه النتائج

أكثر قابلية للتطبيق العملي فقد أجرى العلامة بوروز (Burrows) تجاربه على بحيرة ماء بتردد قدره (١٥٠) ميغاتر/ثا وجاءت النتائج مطابقة تماماً مع الحل الذي جاء به ويل .

أمواج الفضاء :

إن أمواج الفضـاء تتألف من مركبتين ، كما هو مصور في الشـكل رقم (٢٠) ، وشدة الحقل هي مجموع الحقول التي تسببها عنـاصر التيار في الهوائي وحيث اننا في كل حالة نعطي معامل الانعكاس للموجة المنعكسة



الشكل رقم (٢٠)

مع طورها ومطالها . ونرمز لهذه العوامل بمجموعة بـ (Rv)، وتتوقف على زاوية ورود الموجة (Angle of incident) وطول الموجة وثابت الأرض (Ground Constant) (معـامل العزل الكهربي للارض وتوصيلها) ومعـادلة (Rv) هي :

(٧)

$$R_v = \frac{E_r}{E_i} = \frac{(\varepsilon_r - j60\ \lambda g)\cos\theta - \sqrt{[(\varepsilon_r - j60\lambda g) - \sin^2\theta]}}{(\varepsilon_r - j60\ \lambda g)\ \cos\theta + \sqrt{[(\varepsilon_r - j60\ \lambda g) - \sin^2\theta]}}$$

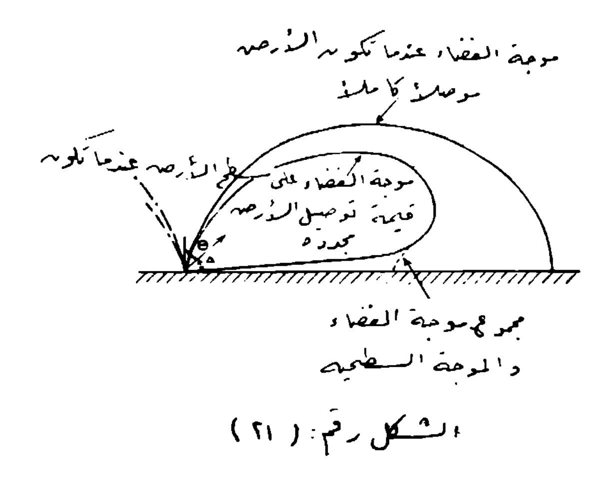
وعندما يكون معامل توصيل الأرض ذو قيمة معينة تصبح موجة الفضاء تساوي صفراً على سطح الأرض وذلك لأن (Rv) تساوي (-١)، لأن زاوية الورود زاوية غرز (Grazinc) لذلك فان الأشعة المباشرة والأشعة غير المباشرة تلغي بعضها . وترى في الشكل رقم (٢١) مصوراً قطبياً (Polar diagram) نموذجياً لهذه التأثيرات . كما ترى في نفس المصور التشكيلة الموافقة لتوصيل أرض محدود القيمة حيث نلاحظ أن القيمة العليا لشدة الحقل موجودة قرب سطح الأرض والسبب هو أن قيمة معامل الانعكاس (Rv) قد أصبحت الآن (+ ١) .

الأمواج السطحية :

عندما تكون قيمة التوصيل كبيرة جداً غير متناهية (Infinite) تصبح قيمة الموجة السطحية صفراً (وهذا يعني أن المصور القطبي لموجة الفضاء يقدم الحل الكامل) . ولكن عندما تكون قيمة توصيل الأرض معروفة ولها قيمة معينة تملىء جزئياً الشق في المصور القطبي لموجة الفضاء ، كما هو ظاهر في الشكل رقم (٢١) ونلاحظ أن الموجة السطحية تهبط أسياً (Exponentially attenuated) في الاتجاه من الأرض إلى الأعلى وتصبح قيمتها مهملة على المصور القطبي بعد عدة درجات .

إن تحليل مركبات الموجة السطحية عملية مركبة جداً وللتبسيط فقد ابتكر العلامة سمرفليد استعمال مايسمى بالمسافة الرقمية (Numerical distance) وجعله تابعاً للمسافة مقاسة من الهوائي وطول الموجة وثوابت الأرض . فمثلاً لمسافة معينة تعطي الأمواج الطويلة مسافة رقمية صغيرة بينما عند استعمال الأمواج القصيرة تزداد المسافة الرقمية إلى قيمة كبيرة .

وبعد ان نحصل على المســـافة الرقمية نبدأ بتحديد ثابت التهبيط (Attenuation Constant) ويرمز له بالحرف (A_1) وهو الذي لو ضرب بشدة الحقل في شروط أرض كاملة التوصيل لأعطى الشدة الواقعية على سطح الأرض . إن هذا العامل الجديد تابع لعامل يتناسب مع حاصل ضرب طول الموجة والتوصيل لأنه رقمياً يســاوي إلى ($60 \lambda g$) حيث طول الموجة (λ) مقاساً بالمتر و (g) بالمهو[١] لـكل متر .



الشكل رقم : (٢١)

أما كيف تعتبر فيما إذا كانت الأرض موصلاً أو عازلاً كهربائياً فيتوقف على قيمة هـــذه العوامل مقـارنة مع ثابت العزل الكهربي النسبي (Relative dielectric constant) (εr) فاذا كانت ($60 \lambda g >> \varepsilon r$) تصبح الأرض موصلاً . أما إذا كانت ($60 \lambda g << \varepsilon r$) فتصبـح الأرض عازلاً كهربياً .

---

(١) المهو = $\frac{١}{\text{اوم}}$ وهو عكس المقاومة .

فاذا كانت ($60\,\lambda\,g$) على أقل تقدير (١٢) مرة أكبر من ($\varepsilon_r + 1$) أمكننا استعمال تقريب فان ديربول (Van der pol) لثابت التهبيط المعطى بالمعـادلة التالية :

$$A_1 = \frac{2 + 0{\cdot}3\rho}{2 + \rho + 0{\cdot}6\rho^2} \qquad (٨)$$

حيث أنه P = المسافة الرقمية = $\frac{\pi}{60\lambda g} \cdot \frac{r}{\lambda}$

لقد بحثنا الموجة السطحية للهوائي العمودي فقط ولكننا لم نتطرق للبحث عن الموجة السطحية للهوائي الأفقي وذلك لأن هذه المركبة ضعيفة جداً يمكن دائماً إهمالها .

الامواج الطويلة والامواج المتوسطة :

لقد رأينا عندما بحثنا الموجة السطحيـــة أن تأثير توصيل الأرض يتوقف على حاصل ضرب توصيل الأرض بطول الموجة وهذا يعني أنه يتوقف على الحد ($60\,\lambda\,g$) وهـــذا الحد يكون عادة كبيراً في الأمواج الطويلة ليظهر تغييرات صغيرة فقط في شدة الحقل على أنواع مختلفة من الأرض ، ولكن في الأمواج المتوسطة ينقص هـــذا الرقم إلى حد أن تغير قيمة توصيل الأرض تسبب تغييرات ظـاهرة في شـدة الحقل على مسـافة معينة . والجدول التـالي يعطينا بعض الأرقام عن هـذه التغييرات :

طول الموجة بالمتر	التردد بالكيلوتر/ثا	شدة الحقل بالميلي فولت/متر على ١٠٠ كيلومتر لبث(١) كيلوواط		
		ماء البحر g=5mhos/m	ارض توصيلها جيد g=0,01mhos/m	ارض رديئة التوصيل g=0,001mhos/m
٢٠٠	١٥٠٠	٣	٠٫٢	٠٫٠٣
٥٠٠	٦٠٠	٣	١٫٦	٠٫٣
١٥٠٠	٤٠٠	٣	٢٫٨	١٫٨

إن الأرقام في الجدول تصور خواص الانتشار الممتاز للامواج الطويلة، ولكن مع الأسف استعمال الأمواج الطويلة محدود لأنه من الواجب استعمال هوائيات عالية جداً لنحصل على مردود جيد . كذلك فان عدد الأقنية قليل جداً

على كل حال فان المدى المحدود للأمواج المتوسطة يعد حسنة عندما يكون المطلوب هو إذاعة محلية فقط ، ولكن هذه الحسنة تنعدم في الليل عندما يسبب الانعكاس عن الاينوسفير زيادة كبيرة في المدى .

ومن المهم أن نلاحظ أن الأرض بالرغم من أنها تسبب ازدياداً في جدارة الهوائي لأنها تحد البث في نصف الكرة فقط إلا أن التهبيط الحادث في الانتشار على الأمواج المتوسطة يسبب نقصـــان شدة الحقل بالنسبة لحالة مماثلة في الفضـاء الحر .

وفي الواقع فان الأرض لها تأثير مفيد فقط عند استعمال الأمواج القصيرة التي تعمل على الأمواج السماوية (Sky waves) .

الامواج القصيرة :

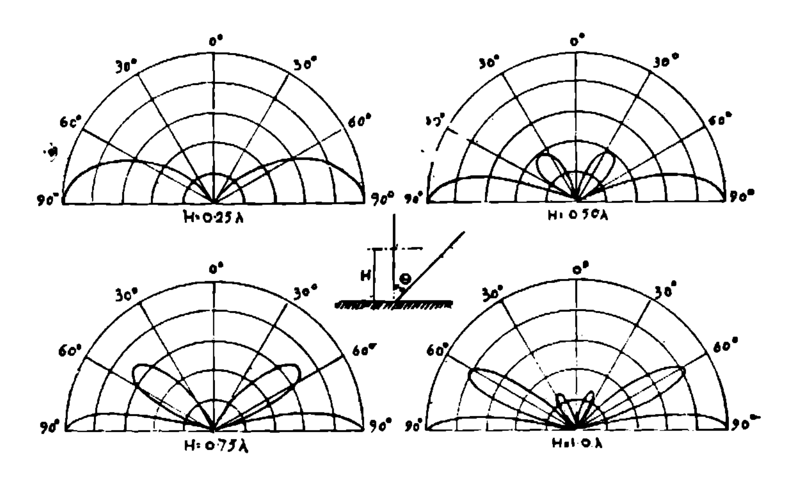
في قسم الأمواج القصيرة من الطيف الترددي وخاصة بين (١٠) و(١٠٠)متر يكون انتشار الأمواج التي تنساب قرب سطح الأرض ضعيفاً ويزداد ضعفها كلما نقص طول الموجة . لذا فان مدى هـــذه الأمواج محدود جداً ، والطريقة الوحيدة للتغلب على هذه الظـاهرة هو أن نرفع هوائي الإرسالوهوائيالاستقبال ما أمكن عن سطح الأرض ، وبما أن هذا العلو عنسطحالأرض يعرف بعدد أطوال الموجة التي يساويها لذا فان هـــذه الطريقة عملية فقط عند استعمال الأمواج القصيرة جداً .

عندما يوضع هوائي على ارتفـاع يساوي طول الموجة أو أكثر فوقالأرض (أو هوائي أفقي على ارتفـاع يساوي كسور طول الموجة) تصبح الموجة السطحية مهملة إلى حد أننا نستطيع تحليل الحالة على أساس نظرية الشعاع فقط . وفي حالات المشعات الأفقية تكون الدقة كافية إذا بنينا تحليلنا على خيال مخالف في الطور (Out of phase Image) .

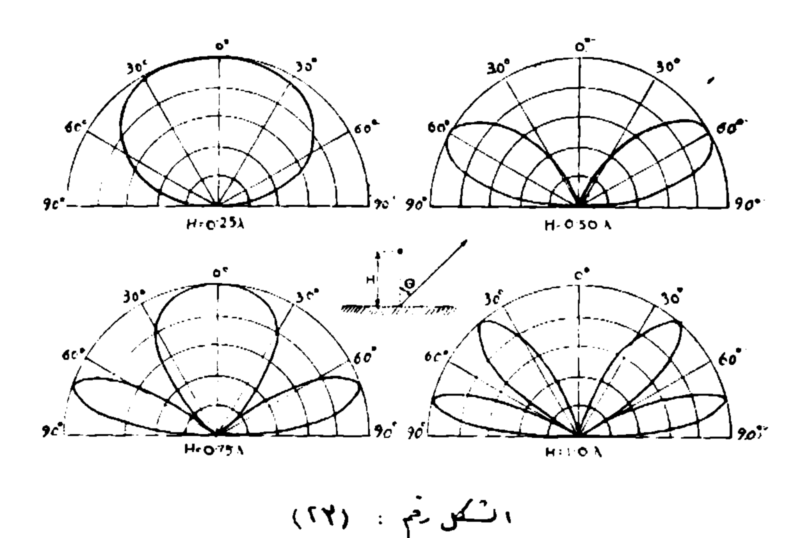
والمصور القطبي للأمواج القصـــيرة يعطينا شعـاعاً موجهاً إلى الأعلى بزاوية تتوقف قيمتهـا على ارتفاع الهوائي وشعاعاً من هذا النوع يصلح للبث البعيد المدى وذلك بمسـاعدة الانعكاســـات عن الاينوسفير . والأشـكال رقم (٣٢) و (٣٣) و (٣٤) ترينا التشكيلات القطبية الممكن الحصول عليها من ديبول عمودي وديبول أفقي مركزة على ارتفـاعات مختلفة من الارض .

فمثلاً في مواصلات عبر الاطلانطيق يجب أن تكون زاوية الشعاع مع الأفق حوالي (١٠) درجات إذا كان طول الموجة (٢٠) متراً . ويمكن الحصول على قيمة عظمى تشكل زاوية بالقيمة المعطـاة إذا هيأنا جملة هوائي معينة يرتفع

مركزها عن سطح الأرض حوالي (١,٥) طول الموجه ، والخيال في الأرض يضاعف شدة الحقل في الاتجاه المرغوب . وهـــذا مثال على الاستعمال

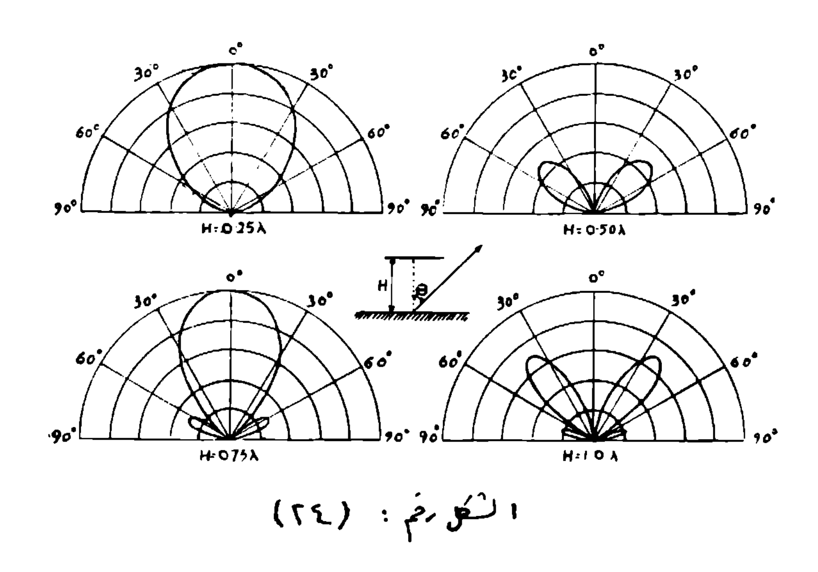


الشكل رقم (٢٢)



الشكل رقم : (٢٢)

المفيد للأرض . ومن المستحب أن يكون استقطاب الهوائي أفقياً لأنه يعطينا تشكيلة قطبية يمكن الاعتماد عليها أكثر من غيرها ، كما أنها تكون أكثر تحرراً عن تغييرات ثوابت الأرض .



الشكل رقم : (٢٤)

إن شدة حقل الموجة المنعكسة عن الاينوسفير تتغير تغيراً كبيراً متمشياً مع تغييرات عامل الانعكاس ، وتقرب قيمة هذا العامل من الوحدة ، حيث في هذه الحالة يعطي ديبول أفقي موضوعاً على ارتفاع ($\frac{\lambda}{2}$) فوق سطح الأرض ضعف شدة الحقل المعطي في المعادلة رقم (٢) في اتجاه البث الأعظمي . وتكون المسافة في هذه الحالة هي المسافة التي تعطيها الموجة السماوية (هذه المسافة لن تختلف كثيراً عن المسافة الأرضية في المسافات البعيدة) .

ومثالاً على ما تقدم فان الشدة العظمى لحقل الديبول أفقي عالي (يجب أن يكون الارتفاع حوالي $\frac{\lambda}{2}$) معطاة بصورة تقريبية بالمعادلة التالية :

$$\frac{E}{\sqrt{W}} = 14\mu V/m \qquad (٩)$$

وهكذا نرى أن استطاعة مبثوثة قدرها (١٠٠) واط في شروط حسنة تكفي لتأمين شدة حقل قدرها ١٤٠ ميلي فولت/متر على بعد قدره (١٠٠٠) كيلومتر، أما عملياً فان الشدة يمكن أن تكون نصف هذه القيمة.

ولذا نرى أن الأمواج السماوية تتبع قانون تهبيط لا يفرق كثيراً عن القانون الأصلي الذي ينص على أن شدة الحقل تتناسب مع مقلوب المسافة في الفضاء الحر، وهذا طبعاً يساعدنا عندما نريد أن نرسل المعلومات التي تحملها الأمواج إلى مسافات بعيدة .

الامواج القصيرة جداً :

عندما يصبح طول الموجة أقل من (١٠) متر لا يمكننا أن نعتمد على الانعكاس عن الاينوسفير وهذا هو الذي يمنعنا عن استعمال هـــذا النوع من الأمواج في المواصلات البعيدة المدى ، كما أن الموجة التي تنساب قرب سطح الأرض مهملة بصرف النظر عما إذا كان الديبول المستعمل عمودي مؤرض أم لا .

وهكذا نرى أن الطريقة الوحيدة التي يمكن بها الحصول على خدمات نافعة من هذه الأمواج هي أن تستعمل هوائيات عالية وهذا يعني انتاج شعاع قريب جداً من الأفق بحيث يمكن الحصول على حقل شدته مناسبة حتى على بضعة درجات من سطح الأرض .

ومثالاً على هذا إذا كان لدينا موجة طولها (٧,٢) متر نستعملها للارسال التلفزيوني وهوائي إرسال ارتفاعه (١٢) طول موجة (λ) فوق الأرض ينتج شعاعاً الزاوية بينه وبين الأرض (١) درجة (مفترضين أن الأرض مستوية)

وأردنا استقبـال هذه الموجة على مسافة قدرها (١٠) كيلو متر فيجب أن يكون ارتفاع هوائي الاستقبال (١٧٠) متر عن سطح الأرض لنحصل على استقبال أعظمي .

من الواضح أن هـــذه الطريقة مضيعة إذا استعملت بهذا الشكل ، ولكن التجـارب التي أجريت أخيراً في الولايات المتحـــدة الاميريكية لحمل أجهزة الإرسال التلفزيوني في طائرات تطير على ارتفاع كبير جداً أثبت قابلية استعمال هذا النوع من الأمواج في هذا الحقل فنياً واقتصادياً .

ومن الواضح أن الطائرات تفي بالغرض المطلوب وهو وجوب كون الهوائيات مرتفعة عن سطح الأرض . لذا فان أمواجاً أطوالها بضعة أمتار تصلح للمواصـلات بين الطائرات أو بين الطـائرات والمحطات الأرضية . ومن الواضح أنه عندما تكون المواصلات بين طائرتين متجـاورتين في الفضاء لن يكون هناك تأثير للانعكاس عن الأرض . لذا يمكن تطبيق شروط الفضاء الحر كاملة .

أما عندما تكون المواصلات بين طائرة ومحطة أرضية مستعملين هوائياً ارتفاعه عن سطح الأرض لا يقل عن طول موجة واحدة فاننا نستطيـع تطبيق القانون البسيط التالي لشدة الحقل لديبول نصف موجي :

$$E = 88\sqrt{W}\,\frac{h_T h_R}{r^2} \qquad (١٠)$$

حيث: W = الاستطاعة بالواط

E = شدة الحقل بالفولت/متر

hr hr = ارتفاع هوائي الإرسال وهوائي الاستقبال مقدرين بالمتر

λ = طول الموجة بالمتر

r = البعد بين جهاز الإرسال وجهـاز الاستقبال مقدراً بالمتر

إن تطبيقات هذا القانون محدودة بشروط أهمها ارتفاعات هوائيات الإرسال والاستقبال للنوعين المبحوثين وهما : الهوائي المستقطب عمودياً والهوائي المستقطب أفقياً والموجة السطحية وإمكانية إهمال تأثيرها ونوعية الأرض والبحار ضمناً .

كما أن هذه الوحدات المستعملة تنطبق على الوحدة المكثية ويمكن تطبيقها على نوعي الديبول العمودي الاستقطاب والأفقي الاستقطاب على شرط أن يكون هوائي الإرسال والاستقبال في الاستقطاب الأفقي من النوع العريض الجانب (Broadside) .

وفي المدى من (١) متر إلى (١٠) متر يكون معامل التوصيل لأي نوع من الأرض أصغر من ثابت العزل الكهربي ، ولكن هذا الفرق لن يكون كبيراً بحيث يمكن إهماله . وحسابات شدة الحقل التي لا تنطبق عليها شروط المعادلة رقم (٧) تكون عادة صعبة ومركبة وتستغرق وقتاً طويلاً .

الأمواج المكروية :

عندما نستعمل الأمواج المكروية يكون الهوائي عادة ذو توجيه عالي (Highly directive) ، وفي حالات كثيرة نحاول أن نتحاشى الأرض كلياً .

وأحسن مثال عن استعمال الأمواج المكروية هي الشبكة الهاتفية التي أسستها شركة ستاندارد تلفون اندكيبل وشركة لوماتربيل تيلفونيك في سنة ١٩٣١ عبر القنال الانكليزي . وقد استعمل في هذه الشبكة موجة طولها (١٨) سم وهوائي على شكل قطع مكافىء (Parabolic mirror) قطره

(٣) متر . ولكن حتى مع هـــذه الترتيبات لم يكن الشعاع مستقلا غير متـأثراً بشرط الأرض كما ظهر من تأثيرات مد وجزر القنـال على شدة الحقل .

أما في أجهزة الرادار فان الشعـــاع يوجه على زاوية أكبر بكثير لذا فانه متحرر تحرراً تاماً من شروط الأرض وتأثيراتها .

أما في الحالات التي لايمكن تحاشي الأرض فيها فيمكن أن تعتبر الأرض كعازل كهربي ثابت عزلها النسبي يتغير بين (٣) للأرض الناشفة جداً و (٢٠) للأرض الرطبة . وهذا لأن حاصل ضرب طول الموجة مع توصيل الارض صغير جداً في هـــذه الحالات إلى حد أن ثابت العزل الكهربي المركب يتصاغر ليصبح ثابت العزل الكهربي نفسه . ولكن يجب أن نستثني في حالات مياه البحار التي فيها يتساوى الحد الحقيقي (Real part) والحد الخيالي (Imaginary part) للعزل الكهربي المركب عندما يكون طول الموجة (٢٥) سم ، وهذا طبعاً يعني أن طول الموجة يجب أن يكون أقل من (٢٥) سم حتى نستطيع اعتبـار الارض عازلاً كهربياً .

ويمكن حســـاب شدة الحقل في الامواج المكروية بطريقة مشابهة للطريقة التي استعملت في الامواج القصيرة جداً ، ولكن يجب أن نأخذ في حسابنا بعض الفروق في الاشعة المباشرة والاشعة المنعكسة وذلك لشدة حدة التشكيلة القطبية للهوائي .

وفي شروط جوية خاصة (عادة عندما يكون الطقس حسناً) يكون منسوب تغير (Rate of change) كثافة الهواء بالنسبة للارتفاع ونسبة الرطوبة في الهواء بشكل أن يصبح البث البعيد المدى ممكن التحقيق

على هذا النوع من الامواج . وتعرف هذه الظاهرة الطبيعية بالانكسار الزائد (Super—refraction) ، والقسم من الفضاء التي تحدث فيه هذه الحادثة يشكل ما يسمى بالمرشد الرديوي (Radio duct) والذي في حقيقته ليس إلا مرشد موجي (Wave guide) ، وعندما تتشكل هذه المرشدات فانها لا ترتفع إلى أكثر من (١٠٠) متر فوق سطح الارض لذا فان تأثيرها سيكون محدوداً فقط للأمواج السنتمترية ، أما إرشاد أمواج أطوالها عدة أمتار فتحتاج إلى مرشدات أكبر ، وكنتيجة لهذا فان حادثة الانكسار الزائد للأمواج القصيرة جداً أقل ظهوراً كما أنها لاتحدث اباد للامواج التي أطوالها (١٠) متر أو أكثر .

الفصل الثالث

الاينوسفير وتأثير الأرض

تأثير الاينوسفير

اكتشاف الاينوسفير :

بعد أن نجح ماركوني في سنة (١٩٠١) في إرسال إشارته من كورن ويل إلى ينوفاوندلاند كان هناك نظريات كثيرة عن الشكل الذي انتشرت به الامواج الرديوية حول قسم كبير من سطح الارض المحدودب . وكانت أول النظريات هي انكسار الامواج في الجو ولكن الحسابات برهنت عن عدم كفاية الانحناء الذي يحدثه هذا الانكسار .

وفي السنة التالية تقدم العلامة كينيلي (Kennelly) في الولايات المتحدة الاميريكية وهبني سايد في بريطانيا بنظريه انعكاس الامواج على الطبقة العليا من الجو ، كما أنه تنبأ بان سبب وجود هذه الطبقة هي حادثة التأين التي تسببها الشمس . ولم يحصل على براهين تثبت وجود هذه الطبقة حتى سنة (١٩٢٥) حيث انتشار الامواج القصيرة برهن بصورة قوية على وجود هذه الطبقة . كما أن العلامة آبليتون (Appleton) والعلامة بارنيت (Barnett) نشرا نتائج تجاربهما التي عرضت الطريقة التي تقيس تردد الضرب (Frepuency beats) الذي نحصل عليه بين الشعاع المباشر والشعاع الغير مباشر عندما نعدل (Modulate) تردد جهاز الإرسال بطريقة معينة . ولم تمض مدة طويلة حتى كان لدى المشتغلين معلومات كثيرة عن هذه الطبقة (الطبقة E أو طبقة كينيلي وهيفي سايد) بالإضافة إلى

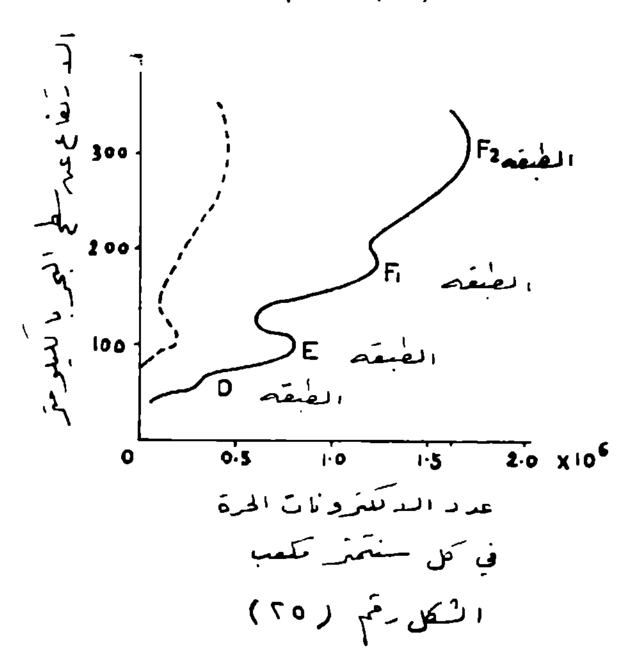
طبقة أخرى (الطبقة F أو طبقة آبيلتون) وقد سميت المنطقة الموجودة فيها هاتان الطبقتان بالاينوسفير .

وقد ساهم العالمان بريت (Breit) وتوف (Tuve) في سنة (١٩٢٦) مساهمة فعالة في قياس المسافة التي تفصل بين الأرض وهذه الطبقات فاستعملا نبضات رديوية زمنها قصير يكفي لقياس الزمن المنقضي بين وصول الشعاع المنعكس عن الأرض والشعاع المنعكس عن الاينوسفير .

ولقد برهنت التجارب على الاينوسفير أن الطبقة (E) على ارتفاع (١٠٠) كيلومتر . أما الطبقة (F) فهي عريضة جداً وتتشكل في أكثر الأحيان من طبقتين (F_1) وهي على ارتفاع (٢٠٠) كيلومتر و (F_2) وهي على ارتفاع (٣٠٠) كيلومتر . أما الطبقة (F_2) فهي الأكثر تغيراً في الارتفاع من الطبقة (F_1) والأكبر استطاعة لانعكاس الأمواج . والخطوط البيانية المصورة في الشكل رقم (٢٥) ترينا توزيعاً نموذجياً للتأين في المناطق المبحوثة . وعلى الارتفاع الذي توجد عليه هذه الطبقات يكون الضغط الجوي منخفضاً (أقل من واحـــد على مليون من الضغط الموجود على سطح الأرض) . لذا فان إشعـاع الشمس يأين هذه الطبقات دون تغير في الشحنات المحررة (Freed Charges) . وقد تبين من الملاحظات أثناء خسوف الشمس أن وجود الطبقة (E) والطبقة (F_1) سببها الأشعة المافوق البنفسجية ، أما الطبقة (F_2) فتؤثر هذه الأشعة على وجودها تأثيراً جزئياً .

إن تأثير الشمس على هذه الطبقات المتأينة ملاحظ جداً وخاصة في دوراتهـــا اليومية (Diurnal) والفصلية (Seasonal) التابعان لكثافة الإشعاع الشمسي ، فكلما كانت كثافة الإشعاع أكبر كلما كان التأين أقوى .

وبالتالي تزداد استطاعة الطبقة على عكس الأمواج الرديوية . إنما هناك استثناء وحيد لهذه القاعدة وهي أن التأين في الطبقة (F_2) ظهر يوم صيف قائظ أقل من التأين ظهر يوم من أيام الشتاء . وقد عزيت هذه المخالفة إلى التمدد (Expension) الذي تسببه وجود حرارة عالية جداً في المنطقة حيث توجد الطبقة (F_2) في أيام الصيف .



الشكل رقم (٢٥)

كما أن تنسيباً أكبر مع النشاط الشمسي هو زيادة التأين في جميع الطبقات خلال فترات النقط الشمسية العظمى (Sun spot maxima) وتحدث هذه الفترات مرة كل أحد عشر عاماً وقد حدثت سنة (١٩٤٩— ١٩٥٠) . أما الأمثلة على هذه الفترات فكثيرة منها على خط عرض (٤٠) درجة أثناء فترة نقطة شمسية عظمى تعكس الطبقة (F_2) على زاوية ورود عمودية تردداً قدره (١٢) ميغاتر/ثا ، ولكن أثناء نقطة شمسية صغرى يصبح التردد الحرج حوالي (٦) ميغاتر/ثا .

وقد وجد أيضـــاً أن للحقل المغناطيسي الأرضي تأثير كبير على تصرف الاينوسفير . وقد حدث بفعل الطبيعة أن التردد الطبيعي للاليكترون في الحقل المغناطيسي الأرضي فوق انكلترا هو (١٫٣) ميغاتر/ثا . وهـذا التردد داخل الطيف الترددي الرديوي . وقد عرف هـــذا التردد باسم التردد جيرو (Gyro Frequency) فيجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عندما تفسر تصرفات الاينوسفير . كما تسمى النظرية التي تنشأ عن هذه المشكلة بالتأين المغنـاطيسي (Magnito — Ionic) وهي بطبيعتها معقدة جداً بالرغم من أن المعادلات التي تنطبق عليها هي معادلات ماكسويل ومعادلات القوى المطبقة على شحنة موجودة في حقل مغناطيسي .

التردد الحرج والتردد الممكن استخدامه :

عندما نجري التجارب على الاينوسفير نضع جهـاز الإرسال على بعد عدة كيلومترات من جهـاز الاستقبال ، لذا فان الاشعة غير المباشرة تصطدم بالطبقات المتأينة بزاوية ورود قائمة تقريباً كما في الشـكل رقم (٢٧) . ولو زدنا عدد الترددات حتى تصل إلى قيمة حيث تصبح استطـاعة الانعـكاس غير كافية لعكس الإشـارة عندها يسمى هذا التردد الذي تظهر عليه هذه الظاهرة بالتردد الحرج (Critical Frequency) وتـكون عادة زاوية وروده على الطبقة المتأينة قائمة .

ونعتمد في معرفة ارتفـاع الطبقة على النبضات الرديوية ونغير التردد لنقيس الفترة التي تمر بين الشعـاع المباشر (Direct ray) والشعاع غير المبـاشر (Indirect ray) ويـكون الارتفاع المقاس دقيقاً إذا حدث الانعكاس على تخم (Boundry) حاد ، لانه في الواقع تتغلغل الموجة لمسـافات معينة داخل الطبقة المتأينة وتتناقص سرعة مجموعاتها (Group Velocity) حتى يحدث الانعكاس .

لهذا فان الارتفاعات المقاسة بتجارب الاينوسفير تعرف بالارتفاعات المكافئة (Equivâlent heights) ويرمز لها بالحرف (h′) . لذا فان الخطوط البيانية للارتفـاعات المتكافئة ضد التردد تعرف بالخطوط البيانية (h′ — f) والشكل رقم (٢٦) يرينا الازدياد السريع لقيمة (h′) كلما اقتربنا من التردد الحرج للطبقة السفلى من الاينوسفير وتسمى هذه الحادثة بالتأخير الجماعي (Group retardation) وسببها التناقص السريع لسرعة الإشارة عندما نقترب من التردد الحرج. ولو أمعنا في دراسة شكل هذا القسم من الخط البياني لاستطعنا استنتاج سماكة هذه الطبقة (على أساس توزيع على شكل قطع مكافىء)

(٢ إيلول ١٩٢٧ - كامبردج - انكلترا)

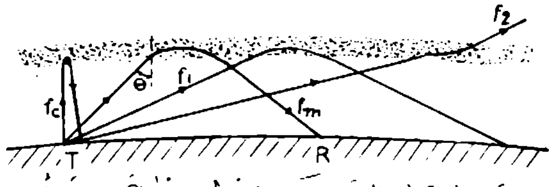
الشكل رقم : (٢٦)

وهذه طبعاً تساعدنا على تحديد التردد الأعظمي الذي يمكن استعماله لأي مسافة معينة في ذلك الوقت .

إن التردد الأعظمي الفعال (ويرمز له عادة بـ .M. U. F) يعطينا قيمة أعلى تردد يمكن استعماله لتأمين المواصلات بين نقطتين بعيدتين عن بعضهما بمسافة معينة . ولو استعمل تردداً أعلى من التردد الحرج لواجهنا احتمال عدم انعكاسه ، وإذا انعكس فيجب أن تكون زاوية وروده على الطبقة

المتأينة أكبر من الزاوية الأولى لذا فسيعود إلى الأرض على مسافة أكبر من المسافة المطلوبة . والشكل رقم (٢٧) يصور لنا هذه الحادثة بالإضافة إلى أن الموجة قد تسير بعض المسافة في الاينوسفير قبل أن تنحني عائدة إلى الأرض .

ولو استعملنا تردداً أقل من التردد الحرج فسيتبع تقريباً نفس الطريق ولكن تهبيطه سيكون أعظم عندما يمر في الاينوسفير .



f_c = التردد الحرج (أعلى تردد ممكن انعكاسه بزاوية ورود قائمة)
f_m = التردد الأعظمي الممكن استعماله (التردد الأعظمي الذي يمكن وصوله إلى النقطة R)
f_1 و f_2 = يمثلان الطريق الذي يتبعه تردد أعلى من التردد الحرج .
$f_2 > f_1 > f_m$

الشكل رقم (٢٧)

لذا عملياً يختار التردد الواقع بين (٨٥) بالمائة و (٥٠) بالمائة من التردد الممكن استعماله . فلو استعملنا التردد الواقع على (٨٥) بالمائة من التردد الممكن استعماله لسببت ضياع الإشارة في بعض الأحيان ، ولو استعملنا التردد الواقع على (٥٠) بالمائة من التردد الممكن استعماله لهبطت الإشارة كلياً في بعض الأحيان (إن التردد الأعظمي الفعال منذ نشر ليس سوى وسطي إحصائي يستعمل للتنبؤ بالشروط التي يمكن أن توجد في المستقبل) .

وإذا كانت حدود الطبقة حدوداً ظاهرة محدودة وحادة تكون العلاقة بين التردد الحرج (fc) والتردد الفعال (fm) لزاوية ورود

معينة ((θ)) معطـاة بقانون سنيل (Snell) التـالي :

$$f_m = f_c \sec \theta \qquad (١١)$$

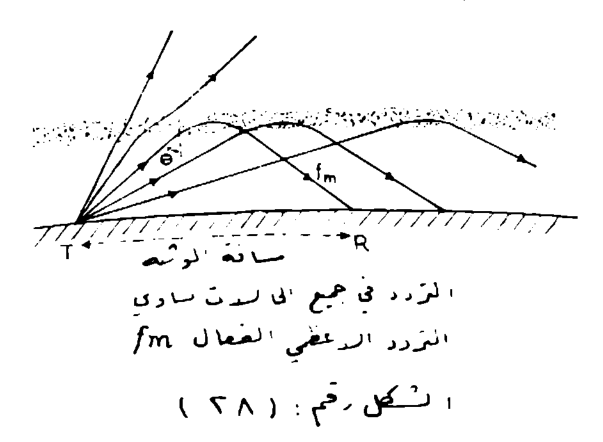
إن التجارب تشير إلى أن حدود الطبقة ليست حادة ولكن هذا ليس له تأثير كلي ، إنما النقطة الأكثر أهمية هي أنه تحت تأثير انحناء الأرض والاينوسفير المحيط بها هناك زاوية عظمى للورود يمكن أن يشكلها الشعاع الصـادر عن محطة الإرســـال مماساً (Tangentially) لسطح الأرض . فالطبقة (E) تكون هـذه الزاوية (٨٠) درجة وللطبقة (F_2) تكون حوالي (٧٣) درجة وتكون الدائرة العظمى للمسافات التي يغطيها الانعكاس هي (٢٢٠٠) كيلومتر و (٣٦٠٠) كيلو متر بالترتيب ويكون التردد الأعظمي الفعال (5,8 fc) و (3,4 fc) بالترتيب أيضاً .

والعالمان آبليتون (Appleton) وبينون (Beynon) حسبا منسوب التردد الأعظمي الفعـال على التردد الحرج بدقة أعلى مفترضين أن شـكل الطبقة قطع مكافيء (Parabolic) وقد برهنت الحسابات أن إرسال المسافات الطويلة النموذجية ذات القفزة الواحدة (Single—hop) يمثل فيه طول الممر خلال الاينوسفير ثلث المسافة بين جهـاز الإرسال وجهـاز الاستقبال . وبالرغم من هذا فان الخطوط البيانية لنسبة التردد الأعظمي الفعال على التردد الحرج ($\frac{fm}{fc}$) مع المسافة لا تظهر مخالفة كبيرة عن النظرية البسيطة، مع العلم بان المنسوب المعطى بالنظريات الأكثر دقة أخفض بحوالي(٢٥) بالمائة.

مسافة الوثبة :

كما قلنا سابقاً أن هناك تردد أعظمي فعال لكل مسافة معلومة. والمسافة أيضاً هي المسافة الصغرى التي عندها يمكن استقبال هـــذا التردد المعين

(إن ذلاستقبال حول جهاز الإرسال الذي يسببه الانتشـــار السطحي لا يدخل فيالحساب) . إن هذه المسافة معروفة بمسافة الوثبة(Skip distance)، ومصورة في الشكل رقم (٢٨) .



الشكل رقم : (٢٨)

ومن الملاحظات السابقة عن تغييرات الاينوسفير ندرك أن مسافة الوثبة تتغير يومياً (Diurnally) وفصلياً (Seasonally) والشكل رقم (٢٨) يرينا طبقة عاكسة واحدة فقط بينما عملياً يجب أن نضع في حســـابنا الطبقتان (E) و (F) . وفي أكثر الأحيان تتوقف مسافة القفزة على الطبقه (F_2) ولكن في فترات ظهر يوم صيف تكون الطبقة (E) هي الطبقة المؤثرة .

الأمواج الطويلة والأمواج المتوسطة :

في الأمواج الطويلة لا يمكننا تطبيق نظرية الأشعة لأن المســـافة بين الأرض والاينوسفير عبارة عن عدد صغير من مضاريب طول الموجة . لذا فمن الأصح أن ينظر إلى الاينوسفير وكأنه حد لخط إرسال (لأن كلاً من الأرض والاينوسفير عبارة عن موصل جيد على هذا النوع من التردد

المنخفض) طرفه الآخر هو الأرض نفسها . ولهذا السبب فان الأمواج تنتشر بصورة جيدة جداً حول انحناء الأرض .

قد يظهر لأول وهلة أنه لسوء الحظ أن تنقسم نظرية تأثيرالاينوسفير على الأمواج إلى قسمين أولها قسم خطوط الإرسال وثانيها نظرية الشعاع لأنه من البديهي ، على أســـاس مادي ، وجوب اندماج القسمين معاً . والطريقة المشتركة التي تنطبق على كل الطيف الترددي هي طريقة التكامل الطوري لاكليرسـلي (Eckersley phase integral method) المبنية على نظرية الشبح (Image theory) ولكن على الأمواج المتوسطـة لا تزال نظرية الشعاع صالحة وترضي جميع المطاليب الطبيعية .

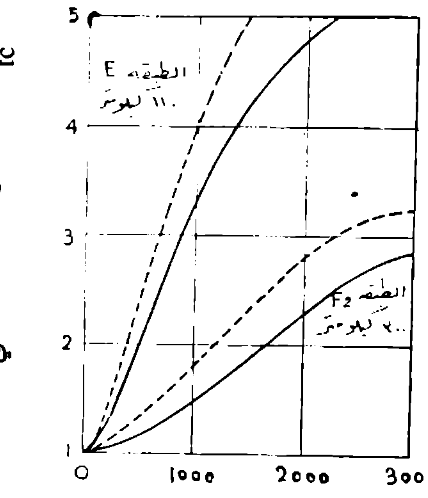
وتنعكس الأمواج المتوسطة عن الاينوسفير طول أيام السنة حتى ولو كانت زاوية الورود قائمة ، عدا الأمواج التي أطوالها أقل من (٢٠٠) متر . وبالرغم من هذا ليس من الضروري أن نؤمن بان خدمات هذه الأمواج السماوية جيدة لأن تهبيطها كبيراً أثناء النهار . وهـــذا التهبيط سببه مرورها خلال منطقة (D) الموجودة على ارتفاع حوالي (٦٠) كيلومتر . إن التأين في الطبقة (D) غير كاف لإحداث انعـكاس (بالرغم من أن بعص الانعكاسات في الهند قد حدثت على هذه الطبقة) ولكنها تحدث تهبيطاً كبيراً على الأمواج التي أطوالها أقل من (٢٠٠) متر وهذا يعني على التردد القريب من تردد جيرو (Gyro—Frequency) .

أما في الليل فتأين الطبقة (D) يبطل بسرعة بسبب الضغط الجوي العالي لذا فان الأمواج المتوسطة تستقبل على مسافات بعيدة بواسطة الأمواج السماوية . وفي المنـاطق التي يكون فيها شدة الأمواج السماوية تعـادل شدة الأمواج الأرضية يحدث ما يسمى بالخفوت (Fading) الذي يسببه تغـــيرات الأمواج السماوية .

الامواج القصيرة :

على الأمواج القصيرة يكون التهبيط كبيراً جداً إلا إذا كان التردد المستعمل يساوي نصف أو أقل من نصف التردد الأعظمي الفعال . وهذا يعني أنه في الشروط الطبيعيـــة يوجد دائماً بعض الأمواج تسبب أطوالها انتشاراً سماوياً جيداً ، ويجري تحديد هذا التردد بالطريقة التي أشرنا اليها قبلاً في هذا القسم ، وسنعيد الطريقة للتمرين .

لنفرض أننا نريد أن نصل لندن بنيويورك ، فيكون أكثر الإرســال احتمالاً هو الإرسال المكون من وثبتين كل منها (٣٠٠٠) كيلومتر . ومن الأرقام الصــادرة عن واشنطن العاصمة ولندن نستطيع تقدير التردد الحرج المحتمل لوقت معين من اليوم والسنة ودورة النقاط الشمسية . وسنجد أن هناك رقمين لـكل رأس وثبة من الوثبتـــين ونختـــار الرقم الأصغر . لنفرض أن هذا الرقم كان (٦) ميغاتر/ثا ، ويرينا الخط البياني في الشـكل رقم (٢٩) أن التردد الأعظمي الفعــال لمســـافة (٣٠٠٠) كيلومتر يعادل ثلاثة أمثال هـــذه القيمة . ولنكون أكثر ثقة من مواصلاتنا نأخذ (٨٠) بالمائة من قيمة التردد الأعظمي الفعال فيكون التردد الواجب استعماله (١٤٫٤) ميغاتر/ثا .



تغيرات عامل التردد الأعظمي الفعال

شكل رقم (٢٩)

وعندما تمر الموجة خلال الاينوسفير يدور مستوى استقطابها بشكل لا يمكن التنبؤ بعلاقتها باستقطابها الأولي عندما تصل إلى جهاز الاستقبال . إلى جانب ماتقدم فان استقطاب الموجة يتغير بتغير الاينوسفير وهذا ما يسبب الخفوت (Fading) . ومن هذا نستخلص أن جودة الاستقبال بواسطة أمواج تنعكس عن الاينوسفير منخفضة نسبياً إلا إذا استعملنا نظاماً خاصاً في الاستقبال فان جودته لاتقارن باستقبال من محطة إرسال قريبة تستعمل موجة متوسطة . لهذا فان الاستعمال الرئيسي للأمواج القصيرة هو للمواصلات البعيدة حيث يتطلب استطاعة معتدلة.

الأمواج القصيرة جداً والامواج المكرويه :

بالرغم من وجود حالات كثيرة تنعكس فيها الأمواج التي ترددها (٥٠) ميغاتر/ثا أو أكثر فان انعكاس الأمواج التي يزيد ترددها عن (٣٠) ميغاتر/ثا لا يمكن الركون اليه . لذا فاننا لا نضع في حسابنا الاينوسفير عندما نصمم أجهزة نستعمل موجات أطوالها أقل من(١٠)متر .

الفصل الرابع

الهوائيات الموجهة ومواصفاتها الصناعية

عامل التوجيه في الهوائيات

التوجيه :

إن عوامل كثيرة تؤثر على شدة الإشارة المستقبلة عن محطة الإرسال، والتهبيط الذي تتحمله تلك الإشارة من لحظة تركها هوائي الإرسال إلى لحظة وصولها إلى مدخل الجهاز التلفزيوني تسببه عوامل عدة منها التهبيط في الجو كما جاء شرحه في السابق من هذا الكتاب . ولكن يجب أن ندرك أن هذا التهبيط الجوي ليس هو بالعامل الوحيد إنما هناك عوامل كثيرة منها الضياع الذي يحدث من استقبال الهوائي لعدة إشارات مختلفة في الطور الزمني مما يسبب اضعاف بعضها للبعض الآخر أو ربما الغاؤه كلياً .

وهذا التأخر الطوري يحدث من انعكاس الإشارة أو انكسارها وسلوكها طريقاً غير مباشر للوصول إلى هوائي الاستقبال . وقد يحدث أن يستقبل الهوائي إشارة ما في اتجاهه المعاكس (الخلفي) وتكون حينئذ أسوأ تأثير على الإشارة المباشرة .

إن هذه الأسباب جميعاً تدفعنا إلى بذل أقصى الجهد في تصميم هوائي يستقبل إشارة واحدة فقط . وإن كان هذا غير ممكن فان المهندسين قد استغلوا خاصتين مهمتين في تصميم الهوائيات وهما :

١ — جعل المجال الذي يمكن أن يستقبل فيه الهوائي إشارة شدتها معقولة ضيق جداً في الاتجاه الأمامي .

٢ — محاولة منع الهوائي من الاستقبال الخلفي والجانبي .

لقد وجد بالتجربة أن هوائياً ديبولياً يستقبل إشارة شدتها أعظمية في الاتجاهات التي تشكل زوايا قائمة على طوله وتكون هذه الشدة صغرى عندما تصل إلى طرفيه . ولو أخذنا مجموعة من هذه الهوائيات الديبولية وصففناها بالترتيب كل نهاية ديبول إلى جانب النهاية الأخرى في نفس المستوى لاستطعنا الحصول على مجال استقبال متطاول ولازداد هذا التطاول كلما زاد عدد هذه العناصر أو كما يعبر عنها فنياً : كلما زاد عدد هذه العناصر كلما صغرت زاوية شعاع الاستقبال ، وتسمى هذه العناصر بالموجهات (Directors) .

أما منع الهوائي من الاستقبال الخلفي والجانبي فيجري باستعمال ما يسمى بالعواكس (Reflectors) وتوضع هذه العواكس خلف كل عنصر نشيط (Active element) فتمنع وصول الإشارة غير المرغوب فيها من الاتجاه الخلفي أو الجانبي للهوائي . إن هذا النوع من الهوائيات ذوات العناصر المتعددة تسمى بهوائيات الياغي (Yagi antennea) وتسمى العناصر الإضافية في الهوائيات الموجة والتي لا توصل مباشرة إلى جهاز الإرسال أو جهاز الاستقبال بالعناصر السلبية (Passive elements) أو العناصر المشوشة (Parasitic elements) وتحرض هذه العناصر بالتأثير . ويمكن أن تكون هذه العناصر السلبية إما عواكس (Reflectors) أو موجهات(Directors)، وهذه التسمية تتوقف على موضع العنصر فاذا وضعت أمام الديبول النشيط سميت موجهات وإن وضعت خلفه سميت عواكس .

وعملياً عندما نستعمل هوائياً ديبولياً نصف موجياً فاننا نضع العاكس على بعد

طولهطول ربع موجة ($\frac{\lambda}{4}$) خلف الديبولالنشيط كما يجب أن يكون طوله أكبر بقليل من طول الديبول النشيط .

أما الموجّه فانه يوضع أمام الديبول النشيط بينهما نفس المسافة التي حددناها للعاكس وهي طول ربع موجة . أما طوله فيجب أن يكون أقصر بقليل من طول الديبول النشيط . إن هذه الأطوال والأبعاد تقريبية وتتوقف كلها على الحصول على علاقات صحيحة الأطوار وذلك لتأمين انتشارات متساعدة في اتجاه معين .

الهوائيات الياغي :

إن ديبولا مع عناصر أخرى توضع في مستوى واحد تسمى بهوائيات ياغي . والشكل رقم (٣٠) يرينا هوائياً ياغياً نموذجياً مؤلفاً من عاكس واحد وأربعة موجهات ، وسترى أنه من العبث استعمال أكثر من عاكس واحد . وبالعادة،كما ذكرنا سابقاً يجرى تركيب مثل هذه المجاميع بالتجربة فنضيفموجهاً وعاكساً واحد بعد واحد ومن ثم نجرب الديبول ونرسم مصورهالقطبي(Polar diagram) ونلحنه كما ذكرنافيالسابقمن هذا الكتاب .

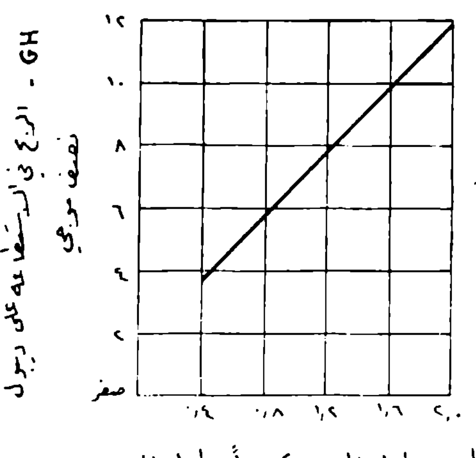
ع = عاكس وطوله > $\frac{\lambda}{2}$
هـ = الهوائي النشيط وطول يساوي تقريباً $\frac{\lambda}{2}$
م = موجه وطوله < $\frac{\lambda}{2}$

الشكل رقم : (٢٠)

ولتجربة هذه المجموعة يجب أن نختار أرضاً مستوية ، وإذا لم نستطع أن نتحاشى الانعكاسات عن الأرض ، فيجب أن نأخذ احتياطاتنا بشكل

لا تتغير فيه شدة هـــذه الانعكاسات النسبية كلما زاد الشعاع ضيقاً باضافة عناصر سلبية أخرى .

وبما أن هناك عدد كبير من العوامل المتغيرة فان الحسابات النظرية للهوائي الياغي حسـابات معقدة ولتبسيطها فان العلامة ريد (Reid) قد قام ببعض الحسابات على مجموعة مثالية لصفيحة من العناصر . ولقد برهنت حساباته وخطوطه البيانية بان أكبر ربح يمكن تحقيقه ملخص في الخط البياني المصور في الشـكل رقم (٣١) . ولتعيـــين طول المجموعة نأخذ المسافة بين العنصرين الأول والأخير من العواكس والموجهـات ونضيف عليه (λ 0,2) .



ل/λ - طول المجموعه مقدراً بطول الموجه

الشكل رقم : (٢١)

ولقد قام العلامة والكينشوه (Walkinshaw) بتحليل تفصيلي لحالات عديدة وبرهنت النتائج بانه عندما تكون المجموعة ملحنة على أعظم ربح في الاتجاه الأمامي تكون مقـاومة المدخل منخفضة جداً أي حوالي (٢٠)

إلى (٤٠) أوم ، والشكل رقم (٣١) يرينا حالة عملية مميزة لأنها لشعاع موجة قصيرة دوارة .

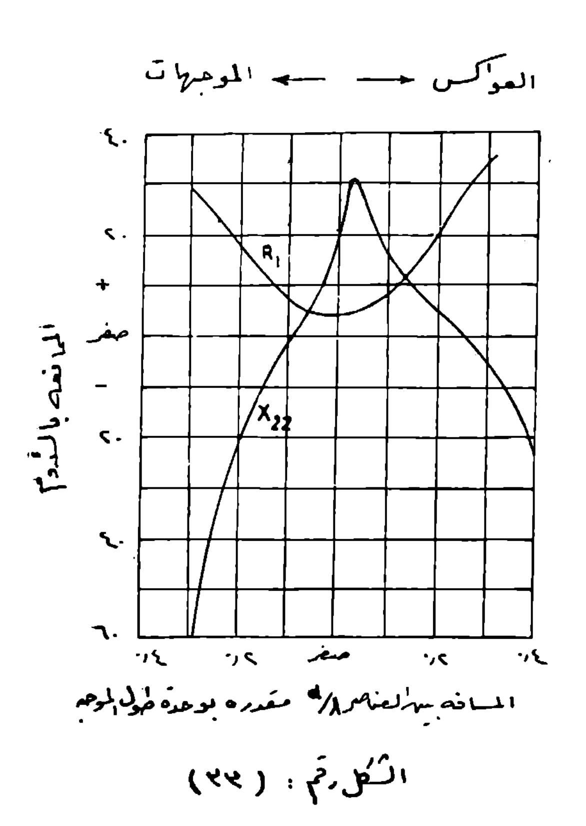
ولقد برهن والكينشوه أن أكبر ربح استطاعي يزيد قليلاً عن (٥) أمثال . ولكن وبما أن ممانعة المدخل حوالي (٤) أوم فان المواصفات التالية تقدم أحسن مردود .

الربح الاستطاعي	$Gh =$ ٥
الحث الذاتي للعاكس	$X_{22} = +$ ٤٠ أوم
الحث الذاتي للموجة	$X11 = -$ ١٠أوم
مقاومة الهوائي النشيط	$Ro =$ ٧ أوم

ويرينـــا الشكل رقم (٣٢) المصور القطبي لشعاع هوائي يتصف بالمواصفـــات المذكورة أعـــلاه . أما الأطوال التقريبية للعاكس والموجهات فيمكن الحصول عليهـــا من الشكل رقم (٣٣) وفيه (d) المسافة بين العناصر و ($\frac{d}{\lambda}$) نفس المسافة مقدرة بوحدة طول الموجة .

الخط الثابت : المصور القطبي الأفقي
الخط المنقط : المصور القطبي العمودي

الشكل رقم : (٣٢)



الشكل رقم : (٢٩)

مجاميع هوائي الياغي :

كما قلنا سابقاً إن جميع الهوائيات التي تحوي عناصر سلبية (Passive elements) وديبولاً واحداً تسمى بهوائيات ياغي . ومن المعروف أن هـــذه الأنواع من الهوائيات من النوع الموجه (Directional Aerial) التي بطبيعتها حساسة في اتجاه واحد معين أكثر من حساسيتها في الاتجاهات الأخرى . وهي بعكس الهوائيات الغير موجهة (Non directional aerials) التي تكون حساسيتها متساوية تقريباً في جميع الاتجاهات وتتجاوب مع الإشارات القـادمة من جميـع الاتجاهات تجاوباً متســـاوياً تقريباً ، ولهذا السبب فان الهوائيات الموجهة

تستعمل عندما نريد أن نقلل من استقبال التداخلات الغير مرغوب فيها والقادمة من الاتجاهات غير اتجاه الإشارة الرئيسية . وهي بطبيعتها تؤمن إشارة أقوى لتوصلها إلى جهاز التلفزيون ، بعكس الهوائيات الغير موجهة ، وبذلك فانها تحسن منسوب الإشارة على التداخلات (Signal to Interference Ratio).

ومن المعروف أن الهوائي الياغي يعطي أحسن ربحاً متوقعاً من هوائي ديبولي وحيد ولا يشغل سوى حيز صغير نسبياً . ولكن علينا أن ننتبه إلى مشكلة عويصة في هذا النوع من الهوائيات عندما تكون موجهة توجيهاً قوياً (Highly directed) وهي وجود الصاري وأسلاك الشد وبقية القطع المعدنية الأخرى التي تستعمل في تثبيت الهوائي ووجوب جعل أطوالها بشكل أن تكون هذه الأطوال لا تتوافق (غير طنانه Resonent) مع التردد المرغوب استقباله .

ويجب أن ننتبه إلى أن وجود الصاري في مكان غير مرغوب فيه يمكن أن يقلل ربح الهوائي في الاتجاه الأمامي بحوالي (٣) ديسبل .

المواد التي تصنع منها الهوائيات :

في صناعة الهوائيات تستعمل الخلائط الخفيفة وذلك لجعل الهوائيات خفيفة الوزن وقابلة للنقل وسهلة التثبيت . كذلك فان لهذه الخلائط ميزة أخرى وهي عدم قابليتها للتأكسد .

وتكون العوازل (Insulators) عادة من البكليت وتركب في النقاط التي ممانعتها صغيرة (كمركز الديبول وعلب توصيل الكابل النازل من الهوائي إلى الجهاز) .

كما يستعمل البولي آثلين (Polyethylene وهي مادة شمعية تستعمل كمازل في الكوابل) على نهايات الديبول حيث تكون المانعة حوالي (٢٠٠٠ — ٥٠٠٠) أوم .

المصورات القطبية للهوائيات :

قبل أن نبدأ بتركيب هوائي ذو ربح عال يجب أن ندرس المصور القطبي لذاك الهوائي .

والمصور القطبي (Polar diagram) هو عبارة عن توقيع توتر الإشارة بالنسبة للزوايا التي مبدؤها الخط الواصل بين الهوائي ونقطة الإرسال حيث يستقبل الهوائي أقوى إشاراته . ونحصل على هذا المصور بتثبيت الهوائي في المكان المختار ومن ثم ندوره حول صارية ونقيس توتر الإشارة من الزاوية صفر إلى (٣٦٠) درجة . ونحن لن نحاول وصف الطريقة التي تنفذ بها هذه العملية لأنها عملية معقدة .

أن الشكل رقم (٣٤) يرينا مصوراً قطبياً لهوائي ياغي ذو أربعة عناصر . ويشير القسم المظلل في هذا الشكل إلى الاتجاهات التي توتر إشارتها أقل من (٥٠) بالمائة من توتر الإشارة العظمى للهوائي ، أي الفرق بين الإشارة العظمى وهذه الإشارات أكبر من (٦) ديسبل . لذا فان الحزمة الشعاعية (Beam) للهوائي هي القسم الغير مظلل وتسمى بزاوية القبول (Acceptance angle) للهوائي المعني . وكلما كانت الزاوية صغيرة كلما زادت خاصة التمييز في الهوائي بين التداخلات التي تأتي عن غير الاتجاه الرئيسي .

ونلاحظ أن المسافة التي يضمها المصور هي نفس المسافة التي يضمها ديبول موضوع في نفس المكان . أما عمل الموجهات والعواكس فهي زيادة

استطاعة الديبول في اتجاه معين . وتبقى الاستطاعة المتكاملة ضمن المسافة حول الديبول نفسها لا تتغير .

ويمكن اعتبار الشكل رقم (٣٤) بانه مثبت مع الهوائي ، فلو دورنا الهوائي لدورنا الخط البياني، ولكننا لا ندوّر الأرض الخلفية للصورة وما عليها من تقسيمات قطبية من الصفر درجة و (٢٠) درجة و (٤٠) درجة...الخ بل نتركها ثابتة. ولو فرضنا أن محطة الإرسال موجودة على نهاية الخط الذي يشير إلى درجة الصفر ثم دورنا الهوائي وبالتالي

الشكل رقم : (٣٤)

دورنا الخط البياني لتنطبق نقطته العظمى على خط درجة الصفر وهذا يعني أن توتر الإشارة المستقبلة يبلغ (٧٠٠) ميلي فولت .

وقد قرأنا هذا على المدرج المصور في الشكل رقم (٣٤) حيث يقطع الخط البياني خط درجة الصفر . أما توتر الإشارات المستقبلة من الجهات الأخرى فتقرأ على المدرج أيضاً حيث يقطع الخط البياني خط الدرجة المعينة على فرض أن الناظر يطل على الهوائي من الأعلى .

لنفرض أن التداخلات تأتي من الاتجاه حيث يشير خط الدرجات إلى (٤٠) درجة فنرى أن الخط البياني الذي يقطع خط الدرجة (٤٠) يشير إلى الدائرة التي تورها (١١٠) ميلي فولت فيكون منسوب الإشارة على التشويش هو $\frac{٧٠٠}{١١٠}$ = ٦،٤ ، هذا عندما يكون الهوائي موجهاً إلى محطة الإرسال .

وإذا دورنا الهوائي بعكس اتجاه عقارب الساعة (١٠) درجات وهذا يعني أن خط درجة الصفر أصبح يقطع الخط البياني على دائرة (٦٨٠) ميلي فولت وخط الدرجة (٤٠) يقطع الخط البياني على دائرة (٥٠) ميلي فولت الذي يساوي الآن تور الإشارة المتداخلة فيصبح منسوب الإشارة على التشويش لهذا الوضع الجديد $\frac{٦٨٠}{٥٠}$ = ١٣،٥ وهذه الزيادة تعادل تقريباً ضعف الرقم الأصلي .

الشكل رقم (٢٥)

وفي الشكل رقم (٣٥) لقد وقعنا منسوب الإشارة على التشويش بالنسبة لدرجات الاتجاه

المصور تشويش موجود على خط الدرجـــة (٤٠) .

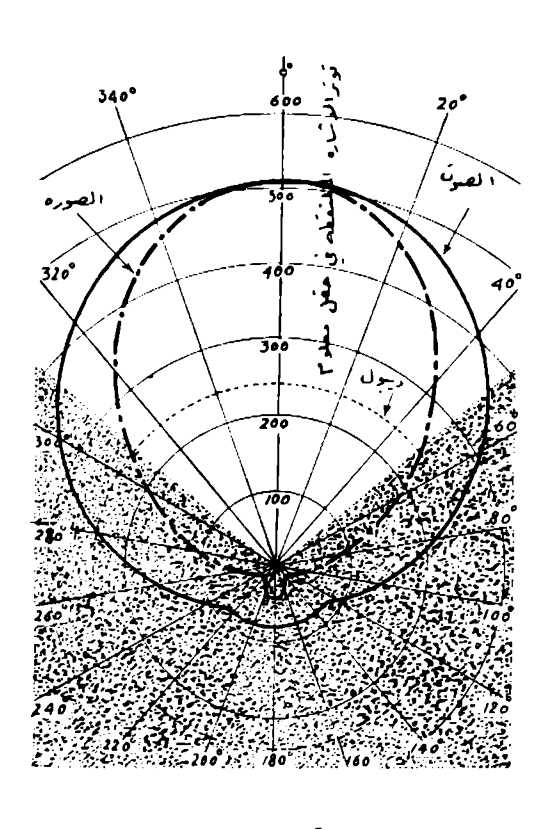
لقد بحثنا حتى الآن تجاوب الهوائي لتردد واحد معروف، أما الشـكل رقم (٣٦) فيرينا الخطين البيانيين للصوت والصورة لهوائي واحد (الهوائي ذو ثلاثة عناصر فقط) ونرى أن المخطط البياني للصوت عريض وذلك لأن هذا الهوائي ملحن على تردد الصورة . أما إذا أردنا أن يكون الخطان البيانيان متساويان فيجب أن يلحن الهوائي على نقطة بين الترددين ، تردد الصورة وتردد الصوت .

إن استعمال نظام (٦٢٥) خطاً وطريقة إرسال الجانب الواحد من المجال الترددي تساعد كثيراً للحصول على ربح عالي لهوائيات التلفزيون . كما أن تلحين الهوائي يشابه تلحين دارات متعددة ومختلفة ودرجة التزويج تمثل المسافة بين العناصر أما التلحين لكل دارة فيمثله طول كل عنصر .

يلاحظ في الشكل رقم (٣٤) أن القيمة الصغرى موجودة على خط الدرجة (٥) وخط الدرجة (٣١٠) وأن منسوب الوجه الأمامي إلى الوجه الجانبي لهذين الاتجاهين هو $\frac{٧٠٠}{٥٠}$ = ١٤ و $\frac{٧٠٠}{١٠٠}$ = ٧ بالترتيب . فاذا كان التشويش يقع على أحد هذين الاتجاهين ومحطة الإرسال تقع على خط الدرجة صفر فان منسوب الإشارة على التشويش لهذا الهوائي يصبح أعظمياً .

أما إذا كان مصدر التشويش على خط الدرجة (٤٠) فان العودة إلى الشكل رقم (٣٤) ترينا أن القيمة العظمى تقع على خط الدرجة (٣٥٠) وهو (٠,٤) ديسبل أقل من القيمة العظمى ، (٧٠٠) ميلي فولت ، ويكون الاتجاه على (٣٥٠) درجـــة هو القيمة العظمى للهوائي . وبهذه الطريقة نحسب منسوب الإشارة على التشويش بالنسبة للجهة التي يقع عليهـــا مصدر التشويش .

تأثير عدد الموجهات والعواكس على شكل الحزمة الشعاعية للهوائي:



الشكل رقم : (٢٦)

نستطيع بعد أن درسنا الهوائي الياغي المؤلف من ديبولاً نشيطاً وعدة موجهات وعواكس أن نستخلص الآتي:

١- إن لعدد الموجهات تأثيراً كلياً على عرض الحزمة الشعاعية وبالأحرى على زاوية الاستقبال للشعاع المذكور فتصغر كلما زاد عدد الموجهات.

٢- إن تأثير العواكس على شكل الحزمة الشعاعية هو الغاء الفصوص (Lobes) الجانبية والخلفية التي تؤثر على جودة الحزمة الشعاعية.

٣- إن أطوال الديبول والعواكس والموجهات والبعد بينها تحدد المجال الترددي الذي يصلح له الهوائي.

٤ — إن للصاري وأدوات التثبيت كأسلاك الشد وبزالات التثبيت تأثير على جودة استقبال الهوائي فيجب اختيارها بحيث لا تشكل دارات طنين مع الاشارات المستقبلة.

٥ — إن على من يريد تركيب هوائي تركيباً فنياً أن يلاحظ التوافق بين ممانعة الهوائي وممانعة الكابل النازل . والجدول التالي يعطي المعلومات الفنية عن الهوائيات وخواصها وممانعاتها :

الجدول رقم (٢)

هوائيات التلفزيون

نوع الهوائي	الممانعة بالاوم	الفرق بين الهوائي الموجه والهوائي الغير موجه	شكل الحزمة الشعاعية	ممانعة المخرج ونوع الكابل	القياسات الطبيعية للهوائي	ملاحظات
ديبول بسيط	٦٠ اوم			٦٠ اوم كوا كسيال		
ديبول مطوي	٢٤٠ اوم			٢٤٠ اوم كابل شريطي		
ديبول عادي مع عاكس	٦٠ اوم	٤ ديسبل		٦٠ اوم كابل كوا كسيال		
ديبول مطوي مع عاكس	٢٤٠ اوم	٤د يسبل		٢٤٠ اوم كابل شريطي		

ديبول عادي مع عاكس وموّجه	٢٠ـ ٣٠ أوم	٤ — ٦ ديسبل		٦٠ اوم كوا كسيال أو ٢٤٠ أوم كابل شريطي مع (T) سحرية		
ديبول مطوي مع عاكس وموجه	٧٠ـ ١٣٠ أوم	٤ — ٦ ديسبل		(٦٠) أوم كوا كسيال أو (٢٤٠) أوم كابل شريطي		التناظر يجري بواسطة قطعة تناظر
ديبول مع عاكس وموجهين	٨ — ١٠ أوم	٨ — ١٠ ديسبل		(٦٠) اوم كوا كسيال أو (٢٤٠) أوم بواسطة (T) السحرية		أحسن طريقة هي استعمال محول توافق
ديبول متناسق وعاكس	١٠٠ـ ١٥٠ أوم	٦ — ٧ ديسبل		(٦٠) أوم كوا كسيال		

هوائي شق مع عاكس	٦٠ـ٢٤٠ أوم	٤ — ٦ ديسبل		(٦٠) أوم كوا كسيال أو(٢٤٠)أوم كابل شريطي		يمكن عمل توافق بطرق مختلفة بتغير طول الشق أو عمل وصلة مبرومة
ديبول مفتوح مع سبعة موجهات وعاكس واحد	٦٠ـ٢٤٠ أوم	١٠ — ١١ ديسبل		(٦٠) أوم كوا كسيال أو(٢٤٠)أوم كابل شريطي		
ديبول مفتوح مع تسعة موجهات وعاكسين	٦٠ـ٢٤٠ أوم	١٢ — ١٣ ديسبل		(٦٠) أوم كوا كسيال أو(٢٤٠)أوم كابل شريطي		يمكن عمل توافق بطرق مختلفة منها استعمال (T) السحرية

هوائي مزدوج على شكل (V)	٦٠ـ ٢٤٠ اوم	٨ ديسبل (المجال الثالث)		(٢٤٠) اوم كابل شريطي		مدي ترددي عريض في المجال الترددي الأول والثاني (الموجة القصيرة جداً) والثالث
أربعة مجاميع هوائية مع (١٦) عنصر هوائي ذو مجال ترددي عريض	٦٠ـ ٢٤٠ اوم	١٢ ديسبل	نفس الشكل أعلاه إنما زاوية الشعاع أضيق .	(٦٠) اوم كوا كسيال او (٢٤٠) اوم كابل شريطي		يمكن عمل توافق بطرق عديدة منها المحولة $\frac{\lambda}{4}$ ذات المجال الترددي العريض .

ملاحظة :

من أجل موافقةالهوائي نحتاج إلى معادلات خاصة ليس هنا مجالاً لذكرها.
إن طول الديبول يتناسب مع التردد الذي سيعمل عليه ويحدد بالقانون التالي :

$$A = \frac{141}{f\,(MC/S)} \qquad (١٢)$$

كما أن طول العاكس يحدده القانون :

$$B, D = \frac{150}{f\,(MC/S)} \qquad (١٣)$$

والمسافة بين العاكس والديبول يحددها القانون :

$$C_1 = 0{,}15\ \lambda = \frac{45}{f\,(MC/S)} \qquad (١٤)$$

والمسافة بين الموجة والديبول يحددها القانون :

$$C_2 = 0{,}1\ \lambda = \frac{30}{f\,(MC/S)} \qquad (١٥)$$

وفي الحالات التي يكون فيها الهوائي مؤلف من عنصرين : ديبول وعاكس، يحدد البعد بينهما القانون :

$$C = 0{,}25\ \lambda = \frac{75}{f\,(MC/S)} \qquad (١٦)$$

أما طول الموجة فيحدده القانون :

$$E = \frac{138}{f\,(MC/S)} \qquad (١٧)$$

حيث : A = طول الديبول

B = 〃 العاكس

C_1 = البعد بين العاكس والديبول

C_2 = 〃 〃 الموّجه 〃

C = 〃 〃 العاكس والديبول عندما يكون الهوائي مؤلف من عنصرين فقط .

E = طول الموّجه

λ = 〃 الموجة

$f\ (mc/s)$ = التردد مقدراً بالميغاتر/ثا .

الفصل الخامس

الهوائيات وتركيباتها والكوابل وأنواعها

الغاية من الهوائيات

إن الهدف من استعمال الهوائي هو :

١ — الحصول على إشارة ذات شدة كافية يستطيع بواسطتها أي جهاز استقبال أداء واجبه على أتم وجه .

٢ — الحصول على أعظم منسوب إشارة على تشويش (هذا يعني أن يكون مستوى الإشارة أعلى بكثير من مستوى التشويش) .

إن هذين الطلبين يقودانا إلى مشكلتين أولاهما :

آ — اختيار الهوائي الذي يؤمن هذه المطالب على أحسن وجه.

ب — المكان الذي يجب أن يركب فيه الهوائي وارتفاع الهوائي نفسه .

إن ظاهر النقطة (ب) يوحي بانها بسيطة لأننا بالعادة نركب الهوائي على أعلى نقطة على سطوح المنازل والأبنية ، ولكننا بمثال بسيط سنبرهن أن هذه المشكلة ليست بسيطة كما يظهر لأول وهلة ، خاصةفي المدن الكبيرة حيث تظهر مشكلة شدة الحقل الكهرطيسي بالنسبة لبعض الأمكنة.

إن قسماً من المنطقة الواقعة شرق محطة الارسال التلفزيوني في دمشق على سفح جبل قاسيون والمسماة بمنطقة الشيخ محي الدين محرومة من الاستقبال

المباشر وذلك لوجودها في منخفض ظل جبل قاسيون الذي يحجب عنها هوائي الإرسال .

إن الاشارة التي تصل إلى هذه المنطقة إشارة منعكسة أو إشارة منكسرة . فالاشارة المنعكسة تصل اليها بعد اصطدامها بالأبنية العالية في مدينة دمشق والجبال المحيطة بها ، وهذا ما يسبب ورود عدة إشارات متقاربة الشدة . لذا نجد من الصعب اختيار إشارة واحدة من هذه الاشارات المنعكسة والتي تتأخر إحداها عن الأخرى بزمن لا يتعدى أجزاء من الميكروثانية وبزاوية انعكاس لا تتجاوز عدة درجات . لذا فان انتقاء الهوائي ذي التوجيه العالي واختيار المكان الذي يركب فيه الهوائي ذي تأثير كبير على نتائج الاستقبال .

بالاضافة إلى ما سبق فان الاستقبال في بلودان والزبداني وبقين ومضايا يقدم لنا مشكلة ثانية تشابه المشكلة الأولى من حيث نوعيتها وهي وجود الحاجز الطبيعي (الجبال) الذي يحجب هوائي محطة الارسال عن منطقة الاستقبال مضافاً اليها عامل المسافة الذي يهبط من قيمة الاشارة المنعكسة عن الجبال المحيطة بتلك المنطقة .

ولاكتساب معلومات أكثر عن هذه الحالة علينا أن نبحث بصورة مبدئية شدة الحقل الكهرطيسي في تلك المناطق . فمثلاً إن شدة الحقل الكهرطيسي في المناطق المحيطة بمدينة دمشق يتراوح بين (١٥٠ — ٣٠٠) ميلي فولت/متر. أما شدة الحقل في كل من مضايا وبقين وبلودان والزبداني فهو كالاتي :

١ — مضايا (١٧٠) ميكروفولت/متر   ٤ — بلودان (١٧٠) ميكروفولت/متر
٢ — بقين (٦٢) 〃 〃   ٥ — المزة (٢٧٠) ميلي فولت
٣ — زبداني (٦٨) 〃 〃   ٦ — حي الاكراد (٣٫٥) ميلي فولت

٧– المهاجرين (٤) ميلي فولت ٨–القدم (١٧٠) ميكروفولت

إن هـــذه القياسات قد أخذت في الشارع وفي أماكن متعددة من كل موقع من المواقع وقد أخـذ وسطي عدة قراءات للحصول على الرقم المعطى أعلاه .

إن مشاكل الهوائيات لا تقتصر فقط على الاستقبال ومحاولة الحصول على أجود إشـارة من ناحية شدتها ومنسوبها على التشويش. فنحن في أكثر الأحيان نمسك الحبل من طرفه الآخر ، فبالإضافة إلى محاولة الحصول على إشارة قوية نحاول أيضاً الحصول على أقل تشويش ممكن وذلك باختيـار موقع تركيب الهوائي بحيث يتحاشى التشويشات .

والتشويش نوعان هما :

آ – تشويش من صنع الطبيعة ، وهو الذي تسببه الشحنات الكهربائية في الجو وتحركاتها .

ب – تشويش اصطناعي ، وهو التشويش الناتج عن سيلان التيارات الكهربائية في الآلات الكهربائية الصنـاعية وتفريغات بعض الدارات الكهربائية عبر فجوات معدة لذلك (كشمعات المحركات ذات الانفجـار الداخلي) والشرر الذي يحدث عند التقاء الفحمات الناقلة في المحركات الكهربائية بالمجمع.

إن هذه التفريغات عبر فجوات تحدث ساحات كهرطيسية متغيرة في الجو تشبه في تغيراتها تغير التيار الذي أحدثها .

وبما أن عبور التيـار لفجوة يجري على قفزات متتالية فان هذه الساحات تكون عبارة عن دفعات موجية متتالية تنتشر في كل مكان وفي جميع الاتجاهات وتضفي تأثيرها وبركاتها الغير مرغوب فيهـــا على جميع الهوائيات التي تصادفها في طريقها .

لذا فنحن نحاول قدر المستطاع اختيار مكان تركيب الهوائي أبعد ما يمكن عن هذه المصادر التي تكون عادة في الشوارع العامة حيث تجري السيارات وتسبب شمعات محركاتها الأمواج الكهرطيسية ، وتتحرك الحافلات الكهربائية وتنشر قفزات التيار بين بكرات تلامسها والأسلاك أو تلامس دواليبها مع السكك الحديدية الأمواج الكهرطيسية التي تكلمنا عنها .

من الشرح السابق نرى أن قرار اختيار الهوائي بالذات واختيار مكان تركيبه تدخل فيه عوامل كثيرة وعلى من يريد أن يقرر أن يضعها في حسابه إذا أراد الحصول على نتائج جيدة .

بالإضافة إلى الشروط الفنية هناك شروط طبيعية يجب مراعاتها في صنع الهوائي عند اختياره وتتلخص فيما يلي :

١ — يجب أن يكون بناءه الميكانيكي قويا يتحمل الرياح والزوابع والتأكسد والطيور الخ ...

٢ — يجب أن تكون جميع القطع المستعملة في تركيب الهوائي معاملة لتتحمل التقلبات الجوية .

٣ — يجب أن يكون وزن الهوائي مع أجزائه معقولا .

٤ — 〃 〃 〃 〃 شكل تصميم الهوائي مستوفياً شروط ديناميكية الهواء بحيث لا يحدث الهواء أصوات صفير مزعجة لأصحاب البيت القاطنين في المنزل الذي يركب عليه الهوائي .

٥ — يجب أن يكون تركيب الهوائي بسيطاً بحيث لا يحتاج إلى عمال مهرة لتركيبه على الأسطحة .

٦ — يجب أن يكون تركيب الهوائي قويا .

٧ — 〃 〃 〃 〃 سعره معقولاً .

نريد الآن أن نناقش بعض النقاط التي يجب ملاحظتهـــا عندما نريد تركيب هوائي ، كما نريد أن نناقش النقاط التي ذكرناها سابقاً بتفصيل .

لنناقش قبل كل شيء مسألة الارتفاع الذي يجب أن يركب عليه الهوائي .

إن هذه النقطة مهمة جداً لأنها تؤثر تأثيراً مباشراً على منسوب الإشارة على التشويش ولأنها تتناسب تناسباً طردياً مع الارتفــاع ، وطبعاً أن هذا يعني أن الاستقبــال على مسافات كبيرة يتطلب وضع الهوائي أعلى من جميـع الأبنية المحيطة به .

ثانياً : إن وضع الهوائي مهم جداً لأننا كما ذكرنا سابقاً أن التداخلات من السيارات وحافلات الترام ... الخ يمكن تقليلها ، وسنبحث هذه المشكلة بتفصيل أكثر فيما سيأتي من هذا الكتاب .

أما القواعد العــامة التي يمكن اتباعها عند اختيار مكان الهوائي فهي التالية :

١ — ضع الهوائي أبعد ما يمكن عن الطرقات المكتظة بالسيــارات وحافلات الترام .

٢ — ضع الهوائي أبعد ما يمكن عن المساحات المصفحة بالمعادن كالأسطحة المصفحة بالتوتياء ومزاريب المياه والهياكل المعدنية وأعمدة التلفون وخطوط التوترات العالية ... الخ ، لأن هـــذه السطوح تمتص قدرة كبيرة فيصبح الحقل من حولها ضعيف جداً ، ومن البديهي أننا نتغاضى عن نقاط نظرية كثيرة لنكون عمليين في تركيب الهوائيات . وهنا يجب أن نلاحظ أن نستعمل أكثر الأماكن فعالية التي تساعدنا على تركيب أكثر فعالية وتحقق لنا الشروط النظرية التي اشترطناها فنثبت الهوائيات على مداخن الأبنيـة المتينة البناء وما شابهها لأن التركيب عليها سهلاً والتثبيت أمتن .

الأجزاء الرئيسية المستعملة في تثبيت الهوائي

الصاري :

إن انتقاء قطر وارتفاع صاري الهوائي يتوقف على عاملين هما :

١ — الارتفاع الذي سيثبت عليه الهوائي .

٢ — نوع الهوائي الذي سيحمله الصاري ، لأنه من البديهي أن الصاري الذي سيحمل هوائياً ثنائي القطب (Dipole) فقط سيختلف في قطره عن صاري سيحمل هوائياً ذو عناصر متعددة .

وفي أكثر الأحيان نستعمل صواري معدنية ونختارها من المعادن الخفيفة كالألمونيوم القاسي على أن لا يقل قطرها عن (٣٥) مم وذلك لأن لهذه المعادن فضائل على المعادن الأخرى أهمها ما يلي :

آ — يصبح وزن مجموعة تثبيت الهوائي أخف بكثير مما لو كان الصاري قد اختير من المعادن الأخرى .

ب — إن الاهتزاز الذي يحدث بتأثير الهواء يكون أقل أثراً لأن الوزن أخف .

إن خلائط الألمنيوم لا تتأكسد ولكن إذا كانت هناك رغبة لاتخاذ بعض الخطوات الحامية في بعض المناطق حيث هناك معامل تنتج بعض المواد الكيماوية تنشر في الهواء كميات كبيرة من المواد المؤكسدة ، أو على شواطىء البحار حيث الهواء مشبع بالأملاح فمن المستحسن دهن الأنابيب المعدنية بدهان أساسه كروم الزنك (إننا نستعمل هذا النوع من الدهان لأنه لا يشكل فرق جهد مع الأنبوب المعدني) .

ملاحظة :

إذا استعمل أنبوباً كحامل للهوائي فبصرف النظر عن نوع معدنه فانه من المستحسن أن نسد طرفه الأعلى بقطعة مطاط أو قطعة فلين وذلك لمنع الأمطار من الدخول إلى داخل الأنبوب .

أما في بعض المناطق فيستعمل الحامل من الخشب وأكثر أنواع الخشب استعمالاً هو خشب البامبو أو خشب الصنوبر .

إن على من يريد أن يستعمل حامل هوائي من خشب أن يعـــامله بمادة الكيروسوت أو كاربوليتيوم وذلك لمنع العفونة عن الخشب تحت تأثير التقلبــات الجوية ، كما يجب وضع طربوش معدني على الطرف الأعلى من الصاري وذلك لمنع المطر من التغلغل في الخشب .

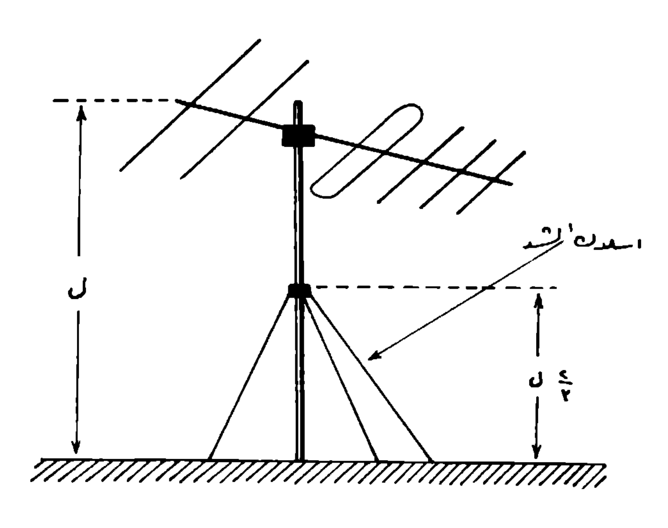
أما خشب البامبو فسيتشقق لذا يجب لف شريط معدني حوله كما يجب دهنه بورنيش عادي .

أسلاك الشد :

إن أسلاك الشد تعني الأسلاك التي تربط على محيط الصــاري وتشده إلى الأرض بغية توازنه وتثبيته لتساعده على مقــاومة الهواء والرياح .

ويجب أن نلاحظ أننا لا نحتاج هـــذه الأسلاك عندما يكون طول الصاري أقل من أربعة أمتار وعندما يكون وزن الهوائي المستعمل معقولاً ولا يشكل مع الهواء مصداً واسعاً . ولكن من المستحسن في بعض الحالات أن نستعمل أسلاك الشد وهذه الحالات عندما تكون نقــاط تثبيت قاعدة الهوائي غير قوية بحيث تكفي لتثبيته في الأرض .

أما في الحالات التي يكون فيها طول الصاري أكثر من خمسة أمتار فمن الضروري وضع ثلاثة أو أربعة أسلاك شد تثبت عند نقطة $\frac{٢}{٣}$ من طول الصاري ، كما هو مبين في الشكل رقم (٣٧) ، وبما أن الأسلاك المعدنية

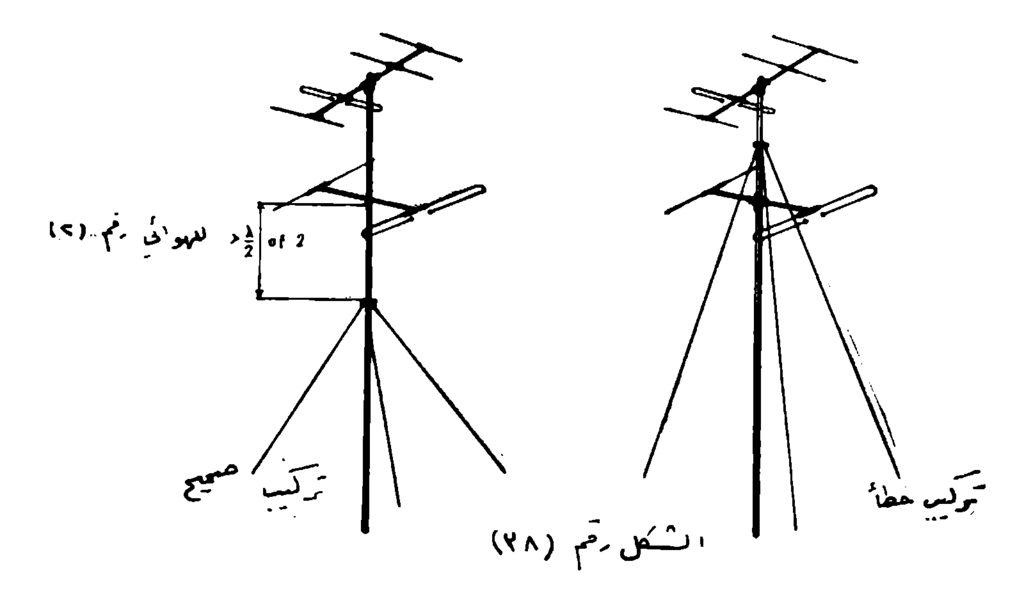


الشكل رقم : (٢٧)

تؤثر على الاستقبال لذا فان هذه الأسلاك توصل إلى الأرض بشكل أن تبقى تحت الهوائي ولا تتجاوزه ، وإن كان هناك أكثر من هوائي مركب على نفس الصاري فان أسلاك الشد تثبت تحت أخفض هوائي كما هو مبين في الشكل رقم (٣٨) .

والأسلاك التي تستعمل كأسلاك شد أما أن تكون من النوع الفولاذي المغلفن قطره من (٢ ـ ٢٫٥) مم ، أو أسلاك تلفون (النحاس الفوسفوري) قطره بين (١٠ ـ ٢٠) مم . ويجب عدم استعمال زرديه على هذا النوع من الأسلاك لأن جرح هذا السلك يسبب انقطاعه أيام البرد . أما إذا

استعملت عدة أسلاك ولفت على بعضها فيجب تغطيتها بمادة (بولي فينيل كلورايد) (Polyvinylchloride) (P.V.C.) .

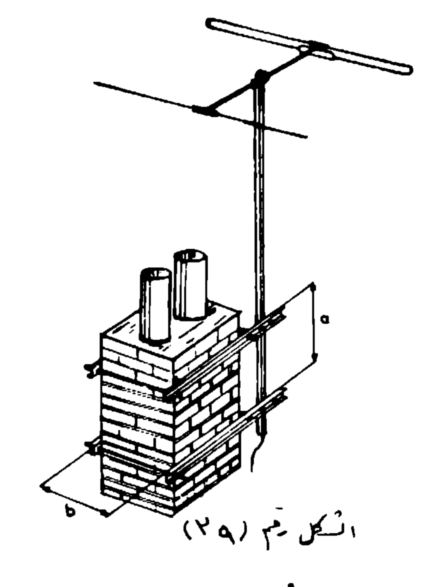


الشكل رقم (٢٨)

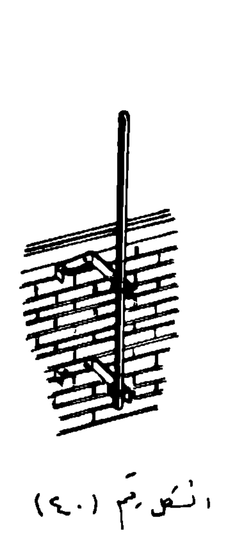
تثبيت الصاري :

إن هناك طرق مختلفة لتثبيت الصاري أكثرها استعمالاً أن نثبته على مدخنة . ولكن قبل القيام بتثبيت الصاري يجب التحقق من متانة المدخنة وقابليتها لتحمل ثقل الهوائي والشد الذي يحدث عليها من تأثير الهواء على الهوائي . ونرى في الشكل رقم (٣٩) كيف يركب ويثبت الهوائي على مدخنة ما . كما أننا يمكن أن نثبت الصاري على الحائط بواسطة زوايا خاصة مبينة في الشكل رقم (٤٠) . وعند تثبيت هذه الزوايا على الحائط يجب أن نلاحظ عدم استعمال مسامير عادية ونصر على استعمال بزالات تفتح تحت تأثير الضغط (Expension Bolts) من قياس ($\frac{٣}{٨}$) البوصة . وعند تثبيت

هذه البراغي يجب حفر ثقب في الحجر لعمق (٥٠) مم تقريباً (يجب أن نلاحظ عدم حفر هذا الثقب بين الأحجار) حيث يدخل ظرف البرغي .



الشكل رقم (٣٩)



الشكل رقم (٤٠)

وعندما تتباعد أجنحة الظرف وتتداخل مع نتوءات الثقب فتصبح وكأنها قطعة واحدة مع الحجر .

ويمكن تثبيت الصاري على سطح مستوي باستعمال قاعدة معدنية تثبته قائماً كما هو مصور في الشكل رقم (٤١) بواسطة أسلاك شد كما شرحنا سابقاً .

الشكل رقم (٤١)

البزالات الواجب استعمالها :

يثبت الهوائي إلى صارية بواسطة بزالات حديدية ، لذا فان صانع الهوائي

يرسل معه بزالات مصنوعة من الحديد تكون عادة مطلية بطبقة من الزنك، (مغلفن) أو بطبقة من الكادميوم وذلك لحفظها من الأكسدة .

إن هذه الحماية ضرورية جداً للبزالات لأن الهوائيات في أكثر الأحيان تثبت على مداخن تنشر غازات منها ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2) .

وفي بعض الحالات يتعامل ثاني أوكسيد الكبريت مع الماء المتراكم على البزالات ليشكل حمض الكبريت (SO_4H_2) الذي يهاجم البزالات ويبدأ تآكلها ويأتي عليها بعد مدة قصيرة ، بينما بنفس الوقت تحدث تداخلات تشويشية لأنها قد شكلت مدخرة كهربائية أثناء هذه العملية .

إن هذا الشرح ينير لنا فكرة عدم الموافقة على استعمال بزالات غير البزالات الحديدية . عندما يتلامس نوعان مختلفان من المعادن ينشأ على تخميها المتلامسان فرق جهد ، وهذا الفرق الجهد يسمى جهد التلامس (Contact potential) ، وقيمته تتوقف على نوع المعدنين المتلامسين .
إن فرق الجهد الذي يتشكل على تخمي المينيوم وخلائط النحاس أكبر بكثير من الجهد الكهربائي الذي يتشكل على تخمين متلامسين من المونيوم وحديد

لذا فعند استعمال الألمنيوم وخلائط النحاس يكون تسارع عملية التلف كبيراً جداً ويصبح تثبيت الهوائي مخلخلاً بعد مضي زمن قصير جداً .

ما يجب عمله قبل نصب هوائي:

سنبحث الآن ما يجب عمله عندما نريد نصب هوائي ما وتثبيته . قبل كل شيء يجب أن نعرف المسافة بالتقريب بين محطة الإرسال والمكان حيث ننصب الهوائي .

فاذا كانت هذه المسافة لا تتجاوز مسافة الأفق البصري (أي أنه

لايزال بالإمكان رؤية هوائي محطة الإرسـال من المكان الذي ينصب فيه الهوائي ولم يختف بعد وراء الأفق) ، يمكننا استعمال هوائي مزدوج القطب مطوي (Folded dipole) مع عاكس (Reflector) . إن هذا النوع من الهوائيات كافياً في أكثر الأحيان للحصول على استقبـال جيد لأن شدة الحقل (Field strength) كبيرة وتفي وحدة واحدة منه بالغرض ولكن من الأحسن أن نستعمل عاكساً مع الهوائي لأنه يقلل التداخل باعطائه صفة التوجيه .

أما إذا كانت المسافة أكبر من مسـافة الأفق البصري فيجب أن نستعمل هوائياً من نوع ياغي (Yagi aerial) ، أي هوائياً مزدوج القطب مطوياً مع عدة عناصر ثانوية أخرى .

أما عندما نريد الاستقبـال على مسافة كبيرة (حوالي ١٠٠ ميل أو أكثر) فمن المستحسن قياس شدة الحقل حيث نريد تركيب الهوائي وبذلك نستطيع تحديد نوع الهوائي الذي يجب استعماله وارتفاع الصاري الذي يجب أن يركب عليه .

بعد تعيين نوع الهوائي وارتفاع صاريه بالنسبة لشدة الحقل الموجودة فيه ننتقل إلى النقطة المهمة التالية وهي قمع التداخلات ، أو بكلمة أخرى تخفيضها إلى حد أدنى .

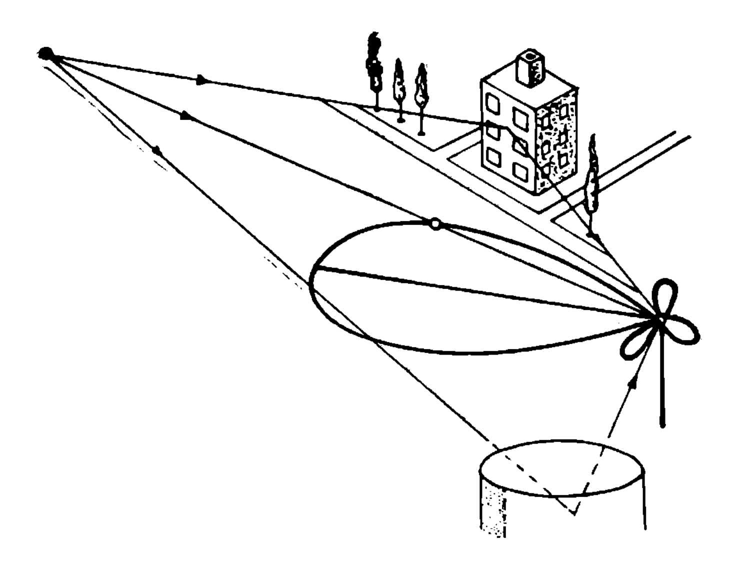
دعنا نبحث الآن نوع التداخل الممكن ظهوره .

إن أول نوع من التداخلات الممكن ظهورها على شاشة التلفزيون كنتيجة للانعكاسات هو شبح الصورة ، أو خيالها .

والنوع الثـاني من التداخل هو التداخل الذي يسببه إيقاد المحركات ذات الاشتعال الداخلي (Ignition Interferance) كالسيارات ومحركات الديزل وغيرها .

والنوع الثالث من التداخلات هو الذي يحدث من انتشـــار الأمواج الكهرطيسية .

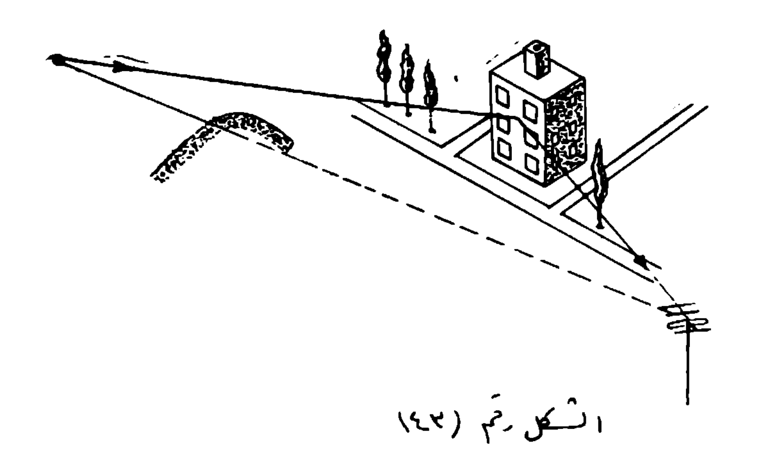
إن النوع الأول من التداخـــلات الذي يسبب شبح للصورة يمكن التخلص منه بتوجيه الهوائي بعيداً قليلاً عن الاتجاه الرئيسي كما هو مبين في الشكل رقم (٤٢) . إننا دون شك سنضيع قسماً كبيراً من حساسية الهوائي ولكننا بنفس الوقت سنتخلص من الشبح أو خيال الصورة بتهبيطها إلى حد أدنى .



الشكل رقم (٤٢)

وفي بعض الحالات حيث تكون طبيعة البلاد جبلية لا يمكن أن تستقبل الأمواج إلا بعد انعكاسهـا كما هو مبين في الشكل رقم (٤٣) حيث نلاحظ سلسلة من الموانع الطبيعية (الجبال) بين هوائي محطـــة الإرسال وهوائي الاستقبال بحيث تجعل الاستقبال المباشر مستحيل وعلينا

توجيه الهوائي (الياغي) إلى الاتجاه حيث تتحرك الموجة المنعكسة وذلك لنحصل على حساسية عظمى .



الشكل رقم (١٤٢)

أما النوع الثاني من التداخلات وهو الذي يسببه إيقاد المحركات ذات الاشتعال الداخلي فهو عادة يأتي من مستوى أخفض من ارتفاع الهوائي أي أنه يأتي من تحت الهوائي ويمكن تلافيه بثلاثة طرق :

١ — بانتخاب المكان المناسب لنصب الهوائي .

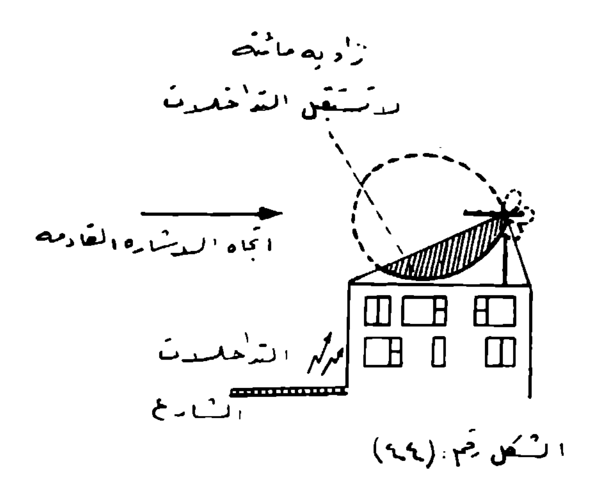
٢ — بان نميل الهوائي قليلاً أما إلى الأمام أو إلى الخلف (فنستعمل خاصة التوجيه العامودي) .

٣ — بتطبيق الطريقتين المذكورتين في البند (١) و (٢) معاً .

أما إذا صادفنا نوع من التداخلات الشديدة جداً فعلينا أن نجرب أكثر من وضعية واحدة للهوائي حتى نحصل على أحسن استقبال على شاشة التلفزيون .

إننا نستطيع أن نسترشد في عملنا بالنقاط التالية :

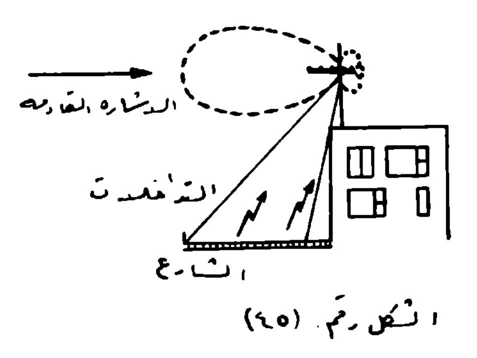
إن ما يمكن عمله يتوقف على طبيعة البناء فاذا كان البناء من الاسمنت المسلح فانه يشكل بذاته حامي يمنع التداخلات من الوصول إلى الهوائي ، وفي هذه الحالة يمكن تركيب الهوائي كما هو مبين في الشكل رقم(٤٤).



الشكل رقم: (٤٤)

أما إذا كان سطح البناء مغطى ببلاط خاص فان التداخلات ستصل إلى الهوائي بالرغم من كل شيء ، وهنا علينا أن نعود إلى خواص التوجيه في الهوائي لنقلل من تأثيراتها .

كما ذكرنا سابقاً أن للهوائي خاصة توجيه أفقي وخاصة توجيه عامودي وقد تكلمنا حتى الآن عن خاصة التوجيه الأفقي فقط لأنها الأكثر أهمية بالنسبة للفني الذي ينصب الهوائي . إن الشكل رقم(٤٥) يرينا خاصة التوجيه العامودي لهوائي مرسومة بخطوط متقطعة



الشكل رقم (٤٥)

ونلاحظ أن المكان الذي يجب أن ينصب عليه الهوائي قريب جداً من الشارع لأن عامل التوجيه للتداخلات في تلك النقطة والهوائي مركب كما هو مبين يمكن إهماله وليس له تأثير . أما إذا كانت التداخلات قوية جداً فيمكن تمييل الهوائي قليلاً إلى الخلف كما هو مبين في الشكل رقم (٤٦) . ونلاحظ في هذا الشكل أن حساسية الهوائي قد انخفضت قليلاً ولكن التداخلات قد قمعت كلياً (أي أن عامل التوجيه للتداخلات منخفض جداً).

شكل رقم : (٤٦)

إلى جانب الاحتياطات السابقة لهذا النوع من التداخلات فان اختيار نوع الكابل الموصل بين الهوائي والجهاز مهم جداً حتى ولو نصبنا الهوائي بشكل يكون التداخل أقل ما يمكن . والظاهر أنه عندما تمر التداخلات في كابل الهوائي يدخل عليها توتراً يلغي جميع الاحتياطات المتخذة سابقاً .

لذا يجب أن نعطي انتباهاً خاصاً لكابل هوائي جهاز التلفزيون،وحيث يكون تداخل إيقاد المحركات ذات الاشتعال الداخلي يجب استعمال كابل محمي (Shielded) جيداً وأن يثبت هذا الكابل بطريقة جيدة .

قبل أن نبدأ بنصب الهوائي يجب أن نبحث فيما إذا كان هناك ظروف خاصة يجب مراعاتها عند تركيب الهوائي ، فاذا كانت تلك الظروف موجودة علينا أن نبحث عن الطرق التي تحقق مطاليبها . إن هذه المطاليب تكون عادة خاصة بالسلامة العامة وتفرضها البلديات .

كابل الهوائي :

بعد أن ينصب الهوائي حسب الطرق الموصوفة أعلاه يجب أن يوصل إلى جهاز التلفزيون بواسطة كابل ويمكن جعل التداخلات(Interferences) التي تأتي عن طريق كابل الهوائي أقل ما يمكن باتباع ما يلي :

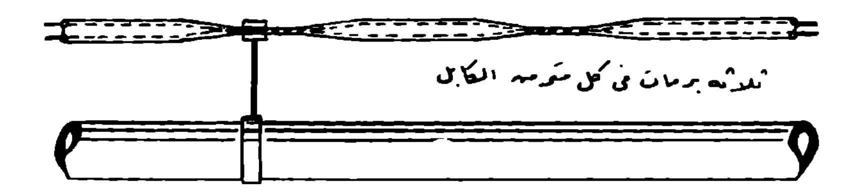
آ — استعمل كابل متماثل (Symmetrical) (ذو ناقلين) .

ب— أبرم الكابل عدة برمات حول محوره في كل متر كما هو مبين في الشكل رقم (٤٧) لأننا بهذه العملية نحفظ المكثفة التي تتشكل بينه وبين ما يحيطه ثابتة بقدر الإمكان ونزيد من متانة الكابل .

ح — تأكد من جودة توصيل الكابل مع جهاز التلفزيون .

د — استعمل كابل مدرّع محمي متماثل .

إن نوع الكوابل المذكور في الفقرة (د) غالية الثمن ولا تستعمل إلا عندما نريد تحرير الهوائي كلياً من أي تداخلات ، كما أن الكابل الكواكسيالي يستقبل التداخلات على درعه الخارجي ، وسيأتي في الجدول رقم (٤) أكثر أنواع الكوابل المستعملة وخواصها الرئيسية .



الشكل رقم : (٤٧)

وسنذكر فيما يلي ملخص الشروط التي يجب أن يحققها الكابل وتركيب الكابل لنجعل الهوائي حراً من التداخلات بقدر الإمكان :

١ — يجب أن لا يتأثر الكابل بتغيرات الطقس.

٢ — 〃 〃 لا يوضع الكابل قرب المواد الكيماوية التي تستعمل لطلي الأسطح وحمايتها من النار ، ولا نضعه حراً على قطع معدنية أو خشب أو أحجار لأن مدافعة الكابل الشريطي تتغير ، وهذا يعني طبعاً بان التوافق (Matching) قد اختلف وبالتالي فقد وجد احتمال ظهور شبح للصورة ، كما أن لف الكابل وجعله على شكل اسطوانة يزيد المدافعة وبالأحرى يزيد تهبيط (Attenuation) الإشارة القادمة .

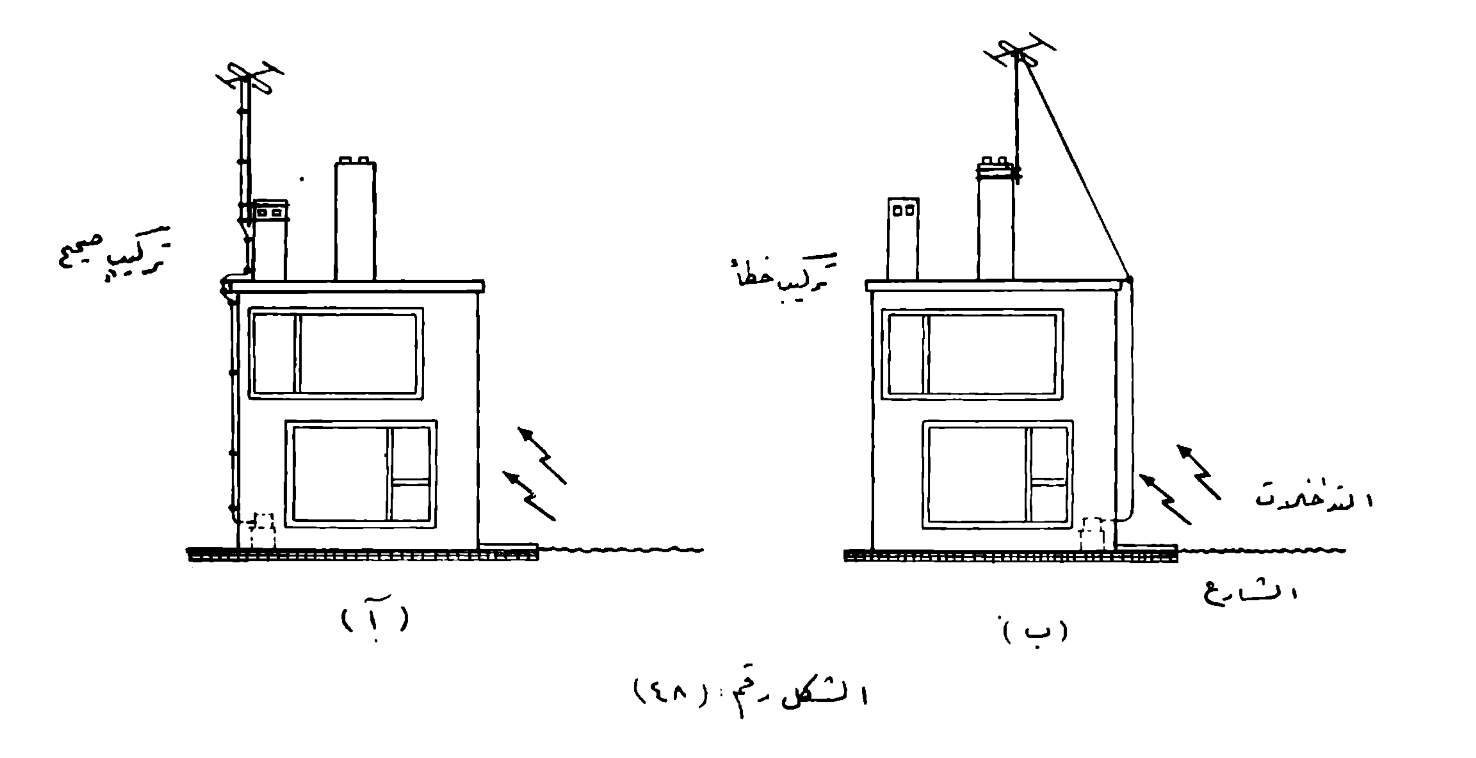
٣ — يجب أن لا يمر الكابل فوق مدخنة .

٤ — في المناطق الساحلية حيث نسبة الملح في الهواء عالية يجب استعمال كابل درعي أو كابل شريطي ، ويحفظ الكابل المستعمل في أنابيب من (البولي آثلين) .

٥ — يجب تثبيت الكابل أبعد ما يمكن عن الشارع حيث كما رأينا سابقاً أن الشارع عبارة عن مصدر تداخلات شديدة .

كما أن هناك ملاحظة يجب أن يتذكرها في الهوائيات دائماً وهي اختيار الطريق الذي سيسير عليه الكابل ليصل من الهوائي إلى جهاز التلفزيون ، حيث يجب أن يكون الكابل غير مشدوداً كثيراً وإلا فان تصدعاً في عازل الكابل أو توصيل غير كاف قد يظهر في الأجواء العاصفة. أنظر الشكل رقم (٤٨) حيث في الشكل (آ) يرينا الطريقة الصحيحة للتركيب والثاني شكل (ب) يرينا الطريقة الخاطئة .

إن القصد من القسم السابق أن نعطي القارىء فكرة عن الصعوبات التي تصادف في الهوائيات وليست الفكرة أن نجعل منها وصفة طبية لما يجب عمله عند تركيب هوائي لأن هذا مستحيل خاصة وأن لكل هوائي وضعه



الشكل رقم : (٤٨)

الخاص وشروطه التي لا يمكن تغيرها فيجب على الفني أن يتصرف ضمن هذه الشروط وأن يبقى بقدر الإمكان قريباً من المواصفات الفنية والقواعد الصحيحة التي ذكرناها فيما سبق .

إننا نصادف أكثر المشاكل في المدن الكبيرة حيث تكثر مصادر التداخل والتشويش لذا إذا أحببنا أن نحصل على أحسن شروط للهوائي وأن نجعله حراً من التداخلات والتشويش أن نبتعد عن هذه المصادر بقدر الإمكان وأن ننصب الهوائي المطلوب في مكان يفصله عن هذه المصادر حاجزاً طبيعياً . وأخيراً سنذكر بضعة نقاط تضاف إلى سابقاتها :

١ — يجب حماية تمديدات الهوائي والهوائي نفسه من الصواعق .

٢ — « « الناس والحيوانات من وقوع قطع تركيب الهوائي عليهم.

٣ — « أن لا نخرب البيوت التي ينصب فيها هوائياً ،أي يجب أن تكون التركيبات بحيث تكون الحفريات أقل ما يمكن .

التوتر العالي :

بالرغم من أن تجاربنا تدل على ندارة الهوائيات التي تصيبها الصواعق فاننا ننصح بتأريض (توصيل إلى الأرض) الهوائي بصورة صحيحة . وفي الضواحي حيث يجب استعمال قائم خاص (برج) لنصب الهوائي عليه علينا أن نأرض قاعدته أيضاً .

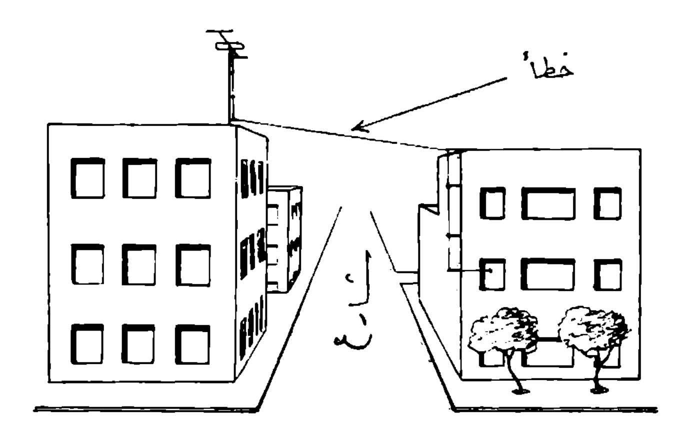
إن سبب الإصرار على تأريض حامل الهوائي والهوائي نفسه هو احتمال شحن الهوائي بتوتر راكد أثناء عاصفة ما بالرغم من أن الصاعقة لم تصب الهوائي . إن هذه التوترات قد تسبب تخريب جهاز التلفزيون وخاصة ناخب الأقنية فيه إذا لم يكن الهوائي موصل إلى الأرض حيث ينصرف هذا التوتر عن طريقها دون التأثير على جهاز التلفزيون .

احتياطات عامة :

١ ـ لا تنصب هوائي على سطح بناء إذا كان هناك مواد قابلة للاشتعال كالقش والشمع وزيوت بترولية أو سيليلود .

٢ ـ يجب أن لا تعرقل تمديدات الهوائي أي عمليات طبيعية كانت تجري على السطوح .

٣ ـ يجب أن لا يجتاز كابل هوائي شارع من الطرف الأول إلى الطرف الثاني مباشرة كما هو مصور في الشكل رقم (٤٩) .



الشكل رقم (٤٩)

القوى الميكانيكية والتأكسد :

١ ـ يجب دهن القطع المعدنية التي نستعملها في تثبيت تمديدات الهوائي بدهان أحمر أساسه الرصاص ومن ثم دهانه بطبقة ثانية من الدهان وذلك لمنع تأكسدها .

٢ — إذا ثبتنا الهوائي على مدخنة يجب أن لا نضعف بناء المدخنة باستعمال بزالات تثبته فيها بل يجب استعمال أساور خاصـــة كما هو مبين في الشكل رقم (٣٩) .

٣ — يجب أن لا يثبت هوائي على مدخنة إذا كان عرضها أقل من (٣٠) سم .

٤ — إذا لم تستعمل أسلاك شد وإذا كان ارتفاع الصاري أقل من (٥) أمتار يجب أن لا يقل البعد (آ) بين الأسورتين عن(٥٠)سم وعرض المدخنة عن (٣٠) سم .

٥ — يجب أن لا يثبت الهوائي على جدار رقيق وغير قوي .

٦ — يمكن استعمال البزالات ذات الصواميل على الحيطان المبنية من الاسمنت المسلح أو الجدران القوية البناء فقط .

٧ — إذا كان صاري الهوائي أقصر من (٥) متر وسيركب على حائط رقيق يجب استعمال أنبوب من الألمنيوم الخفيف على شرط أن يكون الهوائي نفسه خفيفاً أما في الحالات الأخرى فيجب أن يكون الجدار سميكا كما يجب استعمال أنبوب من الفولاذ .

٨ — إذا كان طول الصـــاري أكثر من (٥)متر وثبت على مدخنة أو حائط فيجب استعمال أسلاك شد .

٩ — إذا استعملت عوازل خاصة بالتركيب فيجب أن تكون هذه العوازل قوية .

الحماية الكهربائية :

١ — إذا استعمل صارياً خشبياً او من مادة عازلة كهربائياً فيجب وصل جسم

الهوائي بسلك نحاسي قطره لا يقل عن (٢) مم وذلك لتأريض الهوائي وحمايته من الصواعق .

٢ — إذا استعمل صارياً من مادة ناقلة فيجب ان يكون الاتصال جيداً بينه وبين جسم الهوائي ، كما يجب تأريضه بسلك نحاسي لا يقل قطره عن (٢) مم .

٣ — إذا كان صاري الهوائي عالياً جداً فأحسن طريقة هو اتباع نفس التعليمات التي تطبق على الأبنية العالية لحمايتها من الصواعق.

٤ — يجب أن لا ننصب هوائياً تحت خطوط توتر عال لأنه حتى على بعد (٣٠) متر يمكن أن يولد توتر خطر في الهوائي .

٥ — يجب أن نبتعد عن الأسلاك التي يسري فيها تيارات كهربائية عندما نمدد كابل الهوائي داخل المنزل .

٦ — يجب أن نؤرض درع الكابل ذي الناقلين المتماثلين قرب جهاز التلفزيون .

٧ — إذا لم يؤرض كابل الهوائي في الهوائي نفسه كما هو الحال عند استعمال الديبول المطوي (Folded dipole) يجب استعمال مترسة صاعقة في تمديدات الهوائي .

٨ — يجب أن يبقى خط الأرض خارج البيت ويجب أن يكون السلك قوياً جداً.

٩ — « « يكون خط الأرض أقصر ما يمكن كما يجب عدم طيه على شكل زوايا قائمة ، بل يجب حنيه على شكل أنصاف دوائر . يجب أن تكون مقاومة السلك أقل ما يمكن حتى يسري التيار فيها دون مقاومة .

١٠ — للحصول على أرضي جيد استعمل أنبوب معدني طوله حوالي (١٫٥) متر مغروزاً في الأرض .

١١ — لا تستعمل أنابيب التدفئة المركزية أو المزاريب أو مترس الصاعقة الموجودة حالياً كموصلات أرضية بل يجب تمديد خطوط أرضية جديدة .

الجدول رقم (٣)

اختيار الكابل :

النوع	المحسنات	المساوىء	الاستعمال
كابل شريطي ٣٠٠ أوم (Ribbon Cable)	أقل تهبيطاً أرخص سعراً إذا كان التمديد صحيحاً فانه غير حساس للتداخلات (ثلاث برمات بكل متر)	صعب التركيب ضعيف ميكانيكياً يزداد تهبيطه في الأجواء الرطبة.	يستعمل لإشارة معتدلة أو ضعيفة. ويستعمل في البلاد الداخليـــة إذا كانت التداخلات معتدلة .
كابل انبوبي ٣٠٠ أوم (Conduit cable)	التهبيط قليل (أعلى قليلا من الكابل الشريطي) . إذا كان تمديده صحيحاً فحساسيته للتداخلات عملياً معدومة . قوي ميكانيكياً . يزداد تهبيطه قليلا في الأجواء الرطبة.	صعب التركيب (قاس) أغلى سعراً من الكابل الشريطي	يستعمل حيث الإشارة معتدلة أو ضعيفة ، أو أي مكان حيث شدة التداخلات معتدلة ، وخاصة على السواحل .

النوع	المحسنات	المساوىء	الاستعمال
الكابل المتماثل ذو الدرع ٢٨٠ أوم (Shielded symmetricâl cable)	لا تؤثر عليه التداخلات مهما كان نوعها . يمكن رميه على المادن أوالخشب أوالأحجار. لا تؤثر عليه الأجواء الرطبة	تهبيطه ضعف تهبيط الكابل الشريطي. ضعيف ميكانيكياً قاس يمكن أن تدخله الماء، سعره عال	يستعمل حيث تكون التداخلات قوية وعلى السواحل حيث تكون الإشارة قوية.
الكابل الكواكسوالي الثخين ٧٥أوم ٦٠ أوم (Thick coaxial cable)	قوي ميكانيكياً يمكن رميه على السطوح معدنية أو خشبية أو أحجار. لا تؤثر عليه الأجواء الرطبة.	تهبيطه ضعف تهبيط الكابل الشريطي، قاس حساس للتداخلات، سعره عال يجب استعمال محولة من دارة متماثلة إلى غير متماثلة	يستعمل على السواحل حيث تكون التداخلات ضعيفة والإشارة قوية .
الكابل الكواكسوالي الرفيع ٧٥ أو ٦٠ (Thin coaxial Cable)	نفس محسنات الكابل الكواكسوالي الثخين	تهبيطه أربعة أمثال تهبيط الكابل الشريطي، سعره عال وبقية مواصفاته نفس مواصفات الكابل الكواكسوالي الثخين (٧٥)أوم.	يستعمل على السواحل حيث تكون التداخلات ضعيفة والإشارة قوية .

يوجد أنواع أخرى من الكوابل لم تذكر في هذه الجداول لأن تهبيطها كبير جداً وتستعمل قطع منها في بعض الأحيان في عمليات التوافق (Hatching) .

الجدول رقم (٤)

الكوابل وتهبيطها

عامل السرعة Velocity Factor	التهبيط التوتري في الكابل لكل (٢٠) متر		ممانعة الجيشان Surge impedance	المنظر
	٢٠٠ ميغاتر/ثا	٥٠ ميغاتر/ثا		
٠٫٨٢	١٫٣٢ ديسبل ٪ ١٤	٠٫٦٦ ديسبل ٪ ٧	٣٠٠ اوم	
٠٫٨٢	١٫٣ ديسبل ٪ ١٤	٠٫٦٥ ديسبل ٪ ٧	٣٠٠ اوم	
٠٫٧٢	٢٫٨ ديسبل ٪ ٢٧٫٥	١٫٤ ديسبل ٪ ١٥	١٥٠ اوم	
٠٫٦٧	٣٫٢٦ ديسبل ٪ ٣١	١٫٦٣ ديسبل ٪ ١٧	٧٥ اوم	

عامل السرعة Velocity Factor	التهبيط التوتري في الكابل لكل (٢٠) متر		ممانعة الجيشان Surge impedance	المنظر
٠٫٨٢	٣٫٢ ديسبل ٣١ ٪	١٫٦ ديسبل ١٧ ٪	٢٨٠ أوم	
٠٫٦٧	٤٫٣٢ ديسبل ٣٩ ٪	٢٫١٦ ديسبل ٢٢ ٪	١٤٠ أوم	
٠٫٦٧	٥٫٦ ديسبل ٤٧ ٪	٢٫٨ ديسبل ٢٧٫٥ ٪	٧٥ أوم	
٠٫٨١	٣٫٣٦ ديسبل ٣٢ ٪	١٫٦٨ ديسبل ١٧٫٥ ٪	١٣٥ أوم	
٠٫٦٧	٢٫٤ ديسبل ٢٤ ٪	١٫٢ ديسبل ١٣ ٪	٧٥ أوم ثخين	

عامل السرعة Velocity Factor	التهبيط التوتري في الكابل لكل (٢٠) متر		ممانعة الجيشان Surge impedance	المنظر
٠،٦٧	٥ ديسبل ٪ ٤٤	٢،٥ ديسبل ٪ ٢٥	٧٥ أوم رفيع	
٠،٦٧	٢و٤ ديسبل ٪ ٣٨	٢،١ ديسبل ٪ ٢١،٥	٥٠ أوم رفيع	

الفصل السادس

الهوائيات واستعمالاتها

أنواع الهوائيات الواجب استعمالها

للمسافات المختلفة

بما أن طول الموجة التي يستعملها الإرسال التلفزيوني يعتبر ضمن الأمواج القصيرة جداً لذا فانها تعامل معاملة الأمواج الضوئية . ونعني بهذا أن الحواجز الطبيعية تؤثر على مسارها فتعكسها أو تكسرها أو تمتصها كلياً .

أما إذا لم توجد هذه الحواجز الطبيعية (كالجبال وانعدام خط النظر) فان أحسن استقبال يحدث إذا راعينا انتخاب نوع الهوائي حسب الإرشادات التالية المصورة في الشكل رقم (٥٠) .

١ — عند انتقاء الهوائي حاول أن تعرف المسافة بين محطة الإرسال وجهاز الاستقبال الذي يراد تركيب هوائي من أجله على وجه التقريب .

٢ — لا تستعمل هوائياً معقداً (ذا عناصر كثيرة) إذا كان بامكانك استعمال هوائي بسيط .

٣ — ابحث عن نوعية استقطاب الموجة المرسلة (عمودية أم أفقية) وركب الهوائي حسب هذه النوعية .

٤ — حاول أن تضع هوائي الاستقبال في خط نظر هوائي الإرسال .

٥ — استعمل الهوائي الذي ينصحك باستعماله الشكل رقم (٥٠) وهو كما يلي :

آ — إذا لم تتجاوز المسافة بين هوائي الإرسال وهوائي الاستقبال (٣٠) كيلو متر استعمل هوائياً بسيطاً من نوع ديبول عادي أو ديبول مطوي أو ديبول مطوي مع عاكس واحد .

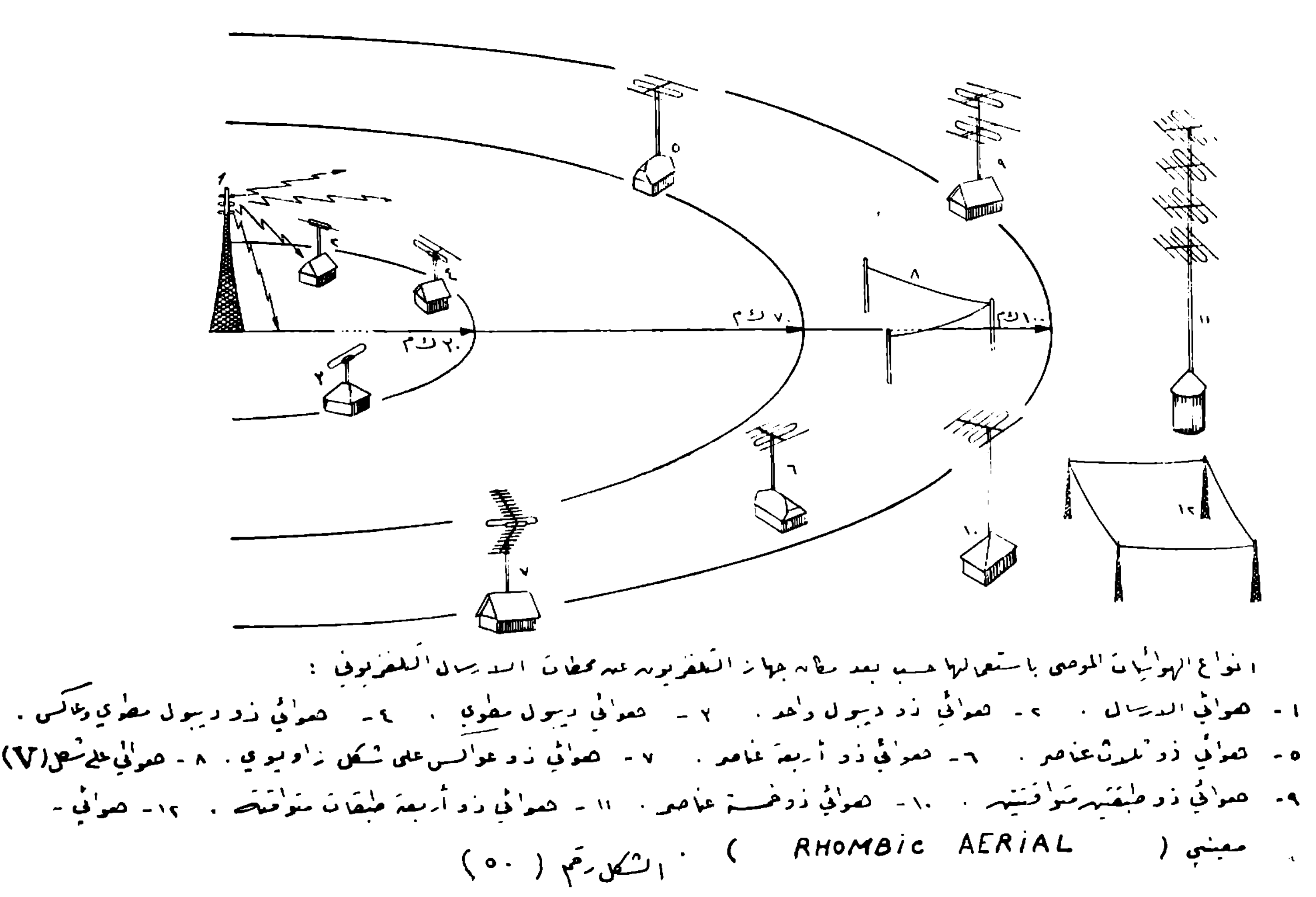
ب — إذا تجاوزت المسافة (٣٠) كيلومتر ولم تزد عن (٧٠) كيلو متر استعمل هوائي ديبول مطوي مع موّجه واحد وعاكس واحد .

حـ — إذا تجاوزت المسافة (٧٠) كيلو متر ولم تزد عن (١٠٠) كيلو متر استعمل هوائياً ذا ديبول مطوي وموجهين وعاكس واحد أو هوائياً على شكل (V) أو هوائيين متماثلين في كل منهما ديبول مطوي وعاكس واحد وموّجه واحد .

د — إذا زادت المسافة عن (١٠٠) كيلو متر أصبح الاستقبال صعباً وغير منتظم ، لذا يجب استعمال هوائيات خاصة معقدة بعضها مصور في الشكل رقم (٧٥ و ٧٦) وهي هوائيات ذات عدة موجهات وعدة عواكس أو هوائيات من نوع الرومبيك .

إن جميع هذه النصائح تطبق وتعطي نتائج حسنة ومردوداً عالياً إذا لم يكن هناك حواجز طبيعية تمنع وصول الموجة المبثوثة مباشرة إلى هوائي الاستقبال .

أما إذا كانت طبيعة الأرض تمنع من وصول الموجة مباشرة إلى هوائي الاستقبال فان التجربة هي احسن طريقة لاختيار الهوائي المناسب للاستقبال في تلك المناطق . ومن تجارب المؤلف وجد أن هوائي الرومبيك يعطي أحسن النتائج في أصعب حالات الاستقبال غير المباشر .



انواع الهوائيات الموصى باستعمالها حسب بعد مكان جهاز التلفزيون عن محطات الارسال التلفزيوني :

١ - هوائي الارسال . ٢ - هوائي ذو ديبول واحد . ٣ - هوائي ديبول مطوي . ٤ - هوائي ذو ديبول مطوي وعاكس .
٥ - هوائي ذو ثلاث عناصر . ٦ - هوائي ذو أربعة عناصر . ٧ - هوائي ذو عواكس على شكل زاويوي . ٨ - هوائي على شكل (V)
٩ - هوائي ذو طبقتين متوافقتين . ١٠ - هوائي ذو خمسة عناصر . ١١ - هوائي ذو أربعة طبقات متوافقة . ١٢ - هوائي معيني (RHOMBIC AERIAL) .

الشكل رقم (٥٠)

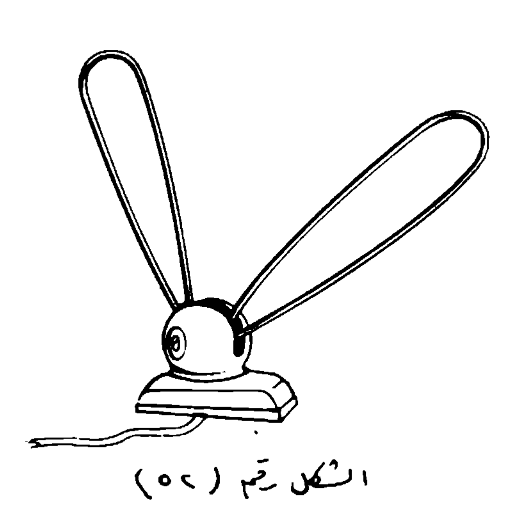
الهوائيات الداخلية

في المناطق القريبة من محطات الإرسال التلفزيوني تكون الإشارة قوية بشكل يمكن معه استعمال هوائيات من نوع خاص تسمى الهوائيات الداخلية. إن هـــذه الهوائيات بسيطة في تركيبها وفي استعمالها ويتألف النوع البسيط منها من قضيبين نحاسيين يمكن فتحهما ليشكلا هوائياً على شكل (V) كما هو مصور في الشكل رقم (٥١) موصلان بالكابل النازل ويكون عادة كابلاً شريطياً مدافعته الوصفية (٣٠٠) أوم ، ويسمى هذا النوع بالهوائي التلسكوبي .

إن هناك أنواعاً من الهوائيات الداخلية أكثر تعقيداً من النوع المذكور أعلاه وتختلف هذه الأنواع عن النوع البسيط بزيادة دارة تلحين الهوائي على القنال الذي سيشتغل عليها . والهوائي من النوع المذكور يزود عادة بمفتـــاح يشبه في مظهره الخارجي مفتاح الأقنيـة في جهاز

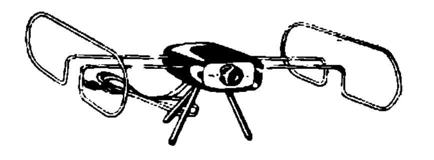
الشكل رقم (٥١)

التلفزيون ويختار القنال الذي يشتغل عليها بنفس طريقة اختيار القنال المرغوب على جهاز التلفزيون .

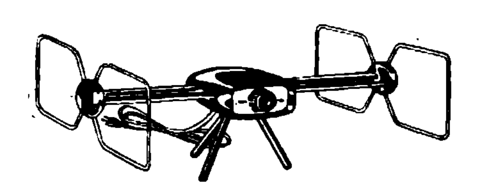

الشكل رقم (٥٢)

بالإضافة إلى ما سبق هناك أنواع من الهوائيات الداخلية يختلف مظهرها الخارجي عن الهوائي الذي ذكرناه وهـــذه أحد الأنواع يسمى بهوائي أذان الأرنب ومظهره الخارجي مبين في الشكل رقم (٥٢). وهوائي علاء الدين وهو مبين في الشكلين رقم (٥٣ و ٥٤) وفيه مفتاح إختيار القنال ، كما أن هناك نوع بسيط جداً وهو الديبول المطوي (Folded dipole) وهو عبـارة عن ديبول بسيط ثني على نفسه عند نهايتيه . وهناك أيضاً الديبول المضغوط (Compressed dipole) وهو عبارة عن ديبول ضغطت مقاييسه وحمل حثياً (Loaded inductivly) بحيث أصبح تردد طنينه كما لو كان ديبولاً كاملا (هذان النوعان الأخيران يمكن تركيبها على زاوية مثبتة على حائط قرب جهـاز التلفزيون) . وهناك نوع من الهوائيـات الداخلية يتألف من ديبول أحد أضلاعه ثابت والضلع الثـاني مسطح مرن معزول بطبقة من البوليثين (Bolythene) ويمكن تثبيته على أية زاوية بالنسبة للضلع الأول ولكنه يثبت عادة على زاوية قائمة مع الضـلع الأول أو على شـكل (V) أو على شـكل (V) مقلوبة .

وأخيراً هناك نوع من الهوائيات الداخلية يتألف من ديبول مطوي على شكل دائرة وهذا النوع يمكن تركيبه على طرف نافذة أو فوق جهاز التلفزيون ويمتاز بعامل توجيه كبير بخلاف بقية الهوائيات الداخلية الأخرى .



الشكل رقم : (٥٢)



الشكل رقم : (٥٤)

كما نوهنا سابقاً ان استعمال هذه الهوائيات محصور على المناطق التي تكون فيها الإشارة القادمة من محطة الإرسال قوية . ويجب أن ندرك أن الإشارة الملتقطة بواسطة هوائي داخلي ضعيفة والتداخلات التي تلتقط معها تقارب قوتها ، لذا فمن البديهي أن تكبير الإشارة الملتقطة تكبيراً خاصاً ليس مجدياً لأننا سنكبر التداخلات بنفس النسبة التي تكبر بها الإشارة . لذا فان استعمال هذه الأنواع من الهوائيات محدود ولا يمكن استعماله إذا وجدت الشروط التالية :

١ — إذا كان جهـاز التلفزيون بعيداً عن محطة الإرسال .

٢ — إذا كان البناء الموجود فيه جهـاز التلفزيون من الاسمنت المسلح.

٣ — إذا كان جهاز التلفزيون موجوداً في منطقـــة لا تستقبل إشـارة مباشرة .

٤ — إذا كانت المنطقة تستقبل إشارات منعكسة عديدة وكلها متقاربة في شدتها وطورها الزمني .

ه — إذا كان منسوب الإشارة على التشويش يقـارب الواحد .

الفَصْلُ السّابعُ

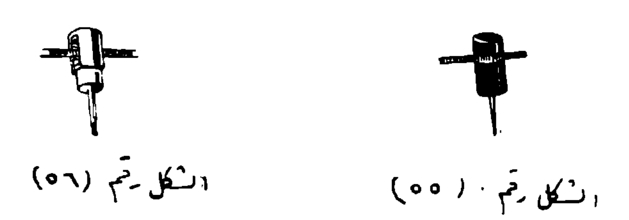
العـــوازل

العوازل وأنواعها واستعمالاتها

إن طبيعة انتشار الأمواج القصيرة جداً تحتم علينا التأني والتدقيق في تمديد وتركيب العوازل التي تحمل موصلاتها ، وذلك لأن شدة الحقول الكهرطيسية التي تسببها تياراتها حول الموصلات التي تسري فيها والتأثير العكسي الذي تحدثه لو حرضت هذه الحقول عظيم بشكل يشوه الصورة المستقبلة ، بل وفي بعض الأحيان يجعل الاستقبال مستحيلا تقريباً . لذا على من يريد أن يحصل على مردود جيد من هوائي ما أن يعتني عنايه فائقة في تمديد الكابل الواصل بين الهوائي الخارجي وجهاز الاستقبال . كما أن عليه أن يختار العوازل التي يستعملها في تثبيت هـــذا الكابل بحيث تلائم الظروف والشروط التي تعترض طريق تمديد الكابل ، فلا يستعمل مثلاً عازلاً طويلا حيث يجب أن يستعمل عازلاً قصيراً . ولا يستعمل عازلاً يركب على صاري حيث يجب استعمال عازل ذو بزال . كما يجب أن لا يستعمل العوازل الداخلية حيث يجب أن يستعمل عوازلاً خارجية .

ونحن في هذا القسم من الكتاب لن نحاول شرح فضائل أو مساوىء العوازل الكثيرة الأنواع والصنع ، إنما سنقدم باقة منها ذاكرين أيها للعزل داخل المنازل وأيها للعزل خارج المنازل ، وسنبدأ بالعوازل الداخلية .

إن الشكل رقم (٥٥) يرينا عازلاً داخلياً غطاؤه مصنوع من مادة عازلة وبعد الكابل عن الحائط بعد ان ثبت على العازل حوالي (١٥) مليمتر ويصنع من مختلف الألوان منها الأبيض والرمادي والبني . أو من النوع المصور في الشكل (٥٦) والمصنوع غطاءه من مادة البوليسترين ويصنع على أربعة ألوان منهـا الأبيض والرمادي والبني وكلاها يستعمل للكابل الكواكسيالي .



الشكل رقم (٥٥)

الشكل رقم (٥٦)

كما أن هناك أنواع أخرى تقوم بنفس الوظيفة وتستعمل للكوابل الشريطية وتسمى بالماسك العازل وأشكالها ظاهرة في الشكلين رقم (٥٧) و (٥٨) فالشكل رقم (٥٧) يرينا ماسك عازل داخلي لكابل هوائي مصنوع من البوليسترين العازل مغروس في نهايته مسمار من الفولاذ سهل الادخال في الجدران . ويكون بعد الكابل عن الجدار بعد أن ثبت على العازل



الشكل رقم (٥٧)

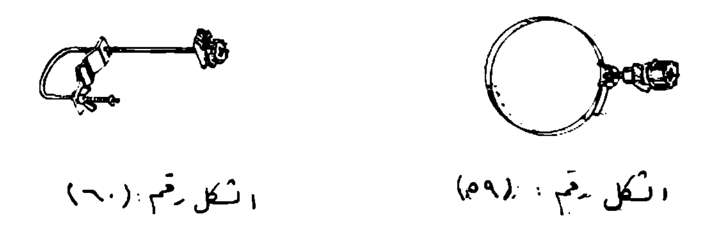


الشكل رقم (٥٨)

حوالي (٢٥) مليمتر ويصنع على لونين الأبيض والبني . أما الشكل رقم (٥٨) فيرينا أيضاً عازلاً ماسكاً من نفس النوع إلا أن مساره نافذاً

من طرفيه حيث يمكن دقه بسهولة ويسمى بماسك كلين وهو مصنوع من مادة البوليسترين العازلة ويضع الكابل الذي يثبت بواسطته على بعد (١٢) مليمتر من الجدار ولونه أبيض فقط .

أما العوازل الخارجية فأشكالها منوعة يستعمل كل منها حسب طبيعة المكان الذي ستركب عليه ، فالشكل رقم (٥٩) مثلا يرينا عازلاً مصنوعاً من مادة البوليسترين مهيئاً للاستعمال على أنابيب وذلك بواسطة الحلقة الطرية المركبة على مسماره الفولاذي ويصلح لتثبيت جميع أنواع الكوابل منها الكابل الشريطي والكابل الانبوبي (Tubular Cable) والكوابل المستديرة (Round Cables) ويستعمل بكثرة للتركيب على صواري الهوائيات ، كما أن بعد الكابل عن الأنبوب المركب عليه عند تثبيته على هذا النوع من العوازل حوالي (٣٫٥) سنتمتر .

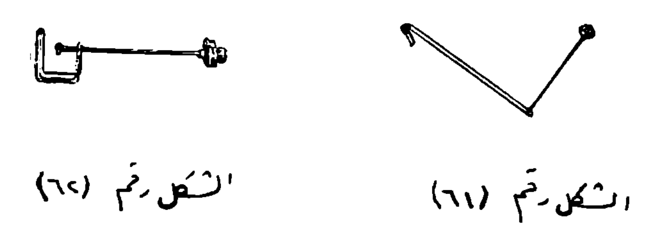


الشكل رقم : (٥٩)　　　　الشكل رقم : (٦٠)

والشكل رقم (٦٠) يرينا عازلاً آخر من نفس النوع إنما شكل ماسكه يختلف عن العازل الأول ويصلح للاستعمال على أنابيب أقطارها من (٢٣ — ٥٠) مليمتر .

أما الشكل رقم (٦١) والشكل رقم (٦٢) فهما عازلان يستعملان عند أطراف الأسطحة وأطراف النوافذ . وقد صنع عازلاهما من مادة

البوليسترين العازلة إنما اختلفا في طريقة المسك . فالشكل رقم(٦١) يستعمل طريقة الضغط على طرف السطح ليثبت عليه ، أما في الشكل رقم (٦٢) فان وجود الحلزون يجعل طريقة تثبيتها وكأنهـــا مربط كالذي يستعمله النجارون .



الشكل رقم (٦١)   الشكل رقم (٦٢)

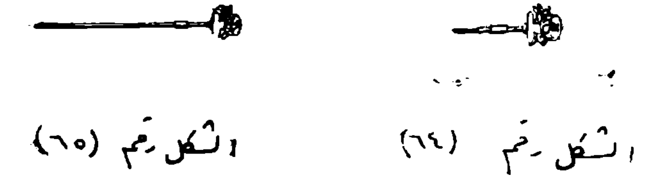
ويكون بعد الكابل المثبت بهذا النوع من العـازل عن الجدار حوالي (٢٥) سنتمتر .

ونرى في الشكل رقم (٦٣) عازلاً مزدوجاً الغاية منه تجاوز زوايا الأسطحة وإبعاد الكابل ما أمكن عن المزاريب . وهو يتألف من عازلين من البوليسترين ومربط يسهل تثبيته على أي طرف من أطراف السطح. ويكون بعد الكابل عن طرف السطح أو الطرف المركب عليه العازل حوالي (٢٥) سنتمتر ويستعمل هذا العازل لجميع أنواع الكوابل منها الكابل الشريطي (Flat cable) والكابل الأنبوبي (Tubular cable) والكابل المدور المدرع (Shielded Round cable) .

الشكل رقم (٦٢)

إن هنـاك أنواع أخرى لتمديد الكوابل وتثبيتهـــا على الجدران

والشكلان رقم (٦٤) ورقم (٦٥) يريان نوعين . الأول منها المصور في الشكل رقم (٦٤) يتألف من عازل صالح لأي نوع من أنواع الكوابل المذكورة أعلاه ومثبت في نهايته بزال فولاذي يمكن تثبيته بسهولة في أي قطعة خشبية أو حائط ويكون بعد الكابل المثبت بواسطة هذا العازل عن الجدار المثبت عليه حوالي (٧،٥) سنتمتر . والعازل المصور في الشكل رقم(٦٥) هو نفس العازل المصور في الشكل رقم (٦٤) إلا أن بزاله أطول بحيث يصبح بعد الكابل المثبت عن الجدار حوالي(١٧،٥) سنتمتر .



الشكل رقم (٦٤) الشكل رقم (٦٥)

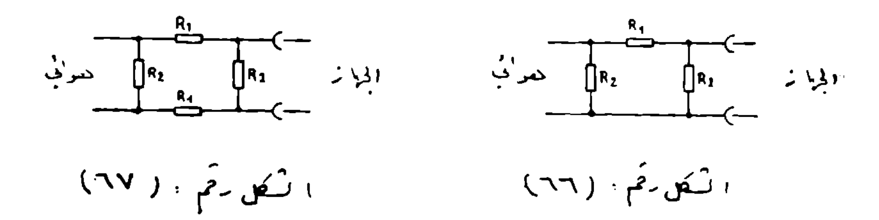
الفصل الثامن

شبكات التهبيط والشبكات العامة

شبكات التهبيط

تضعيف الاشارة لهوائي موجود في ساحة قوية :

إذا وجد الهوائي قرب محطة الإرسال تصبح الإشارة المستقبلة قوية جداً وتزيد قوة إذا استعملنا هوائياً ذا عناصر كثيرة (هوائي ياغي Yagi Aerial). من الضروري في حالات من هذا النوع استعمال شبكات اضمحلال بحيث تهبط الإشارة تهبيطاً معيناً قبل دخولها إلى جهاز الاستقبال. وهناك أنواع عديدة لشبكات من هذا النوع إحداها على شكل الحرف اليوناني (π) وهي مصورة في الشكل رقم (٦٦) .



الشكل رقم : (٦٦)

الشكل رقم : (٦٧)

كما أن هناك النوع المتوازن وهو المصور في الشكل رقم (٦٧) . ونستعمل الأولى عندما يكون الكابل النازل من الهوائي كابلاً غير متماثل كالكابل الكوكسوالي ، أما الثانية فتستعمل عند ما يكون الكابل متماثلاً

كالـكابل الشريطي ، وكلاهما يحسب بطريقة خاصة به ، ولتوضيح طريقة الحساب سنعطي مثالا عملياً لذلك .

مثال :

لنفرض أن لدينا تلفزيون التوتر على مدخله يساوي إلى (U_1) وهي (١٥٠٠) ميكرو فولت وهذا التوتر الشديد يسبب نوعاً من الاشباع في صمامات التلفزيون لا تستطيع دارة الربح الآلي (Auto gain control) تعديله لأنه خارج عن المدى المصمم له الجهاز ونحن نحتاج توتراً قدره (U_2) ويساوي (١٥٠) ميكرو فولت ليعمل الجهاز بصورة طبيعية علماً بان الجهاز يمكن أن يعمل مع كابل متماثل ممانعته (٢٤٠) أوم أو كابل كوا كسوالي ممانعته (٦٠) أوم .

المطلوب حساب :

١ — التهبيط مقدراً بالديسبل ؟

٢ — قيمة كل من المقاومتين (R_1) و (R_2) اللازم استعمالهما في شبكة التهبيط .

الحل :

لحل هذه المسألة نستعمل قانون الربح المعروف :

$$G = 20 \log_{10} \frac{U_1}{U_2} \qquad (١٨)$$

حيث : G = هو التهبيط المطلوب .

U_1 = التوتر على مدخل شبكة التهبيط .

U_2 = التوتر على مدخل الجهاز .

$$G = 20 \log_{10} \frac{1500}{150} = 20 \log_{10} 10$$

وبما أن لوغاريتم (١٠) إلى أس (١٠) هو واحد لذا :

$$G = 20 \text{ db}$$ ديسبل

أي (٢٠) ديسبل . إذن فنحن بحاجة إلى شبكة تهبيط تعطينـــا عشرين ديسبل ، ولحساب مقاومة هذه الشبكة نستعمل القانونين التاليين عندما يكون الكابل متماثلاً وممانعته (٢٤٠) أوم :

$$R_1 = \frac{Z}{4} \frac{(b^2 - 1)}{b} \qquad (١٩)$$

$$R_2 = Z \frac{b+1}{b-1} \qquad (٢٠)$$

حيث في هذا القانون :

Z = الممانعة الوصفية للكابل وهي (٢٤٠) أوم .

b = نسبة توتر المدخل على توتر المخرج $\frac{U_1}{U_2}$

R_1 = المقاومة التي يجب توصيلها بالتسلسل مع الكابل

R_2 = 〃 〃 〃 〃 بالتوازي 〃 〃

فيكون :

$$R_1 = \frac{240}{4} \frac{(10^2 - 1)}{10} = 60 \frac{99}{10} = 594 \text{ ohm}$$

$$R_2 = 240 \frac{10 + 1}{10 - 1} = 240 \frac{11}{9} = 293 \text{ ohm}$$

فنأخذ قيمة مقربة منها ونعتبر R_1 = ٦٠٠ أوم و R_2 = ٣٠٠ أوم .

أما إذا استعملنا كابلاً غير متماثل كوا كسوالي وممانعته الوصفية (٦٠) أوم فنستعمل القانونين التاليين :

$$R_1 = \frac{Z}{2} \frac{b^2 - 1}{b} \qquad (٢١)$$

$$R_2 = Z \frac{b + 1}{b - 1} \qquad (٢٢)$$

ومنها :

$$R_1 = \frac{60}{2} \frac{10^2 - 1}{10} = 30 \frac{99}{10} = 297 \text{ ohm}$$

$$R_2 = 60 \frac{10 + 1}{10 - 1} = 60 \frac{11}{9} = 73 \text{ ohm}$$

والجدول رقم (٥) يرينا منسوب التهبيط ($b = \frac{U_1}{U_2}$) والتهبيط المطلوب بالديسبل (db) والنيبر (neper) كذلك يعطينا قيم المقاومات المطلوب لتشكيل الشبكة لكابل متماثل .

الجدول رقم (٥)

جدول التهبيط بالديسبل والنيبر وقيمة المقاومات المشكلة لشبكة التهبيط

b U_1/U_2	بالديسبل (db)[١]	نيبر (Neper)[٢]	أوم R_0	أوم R_2
١/٣٫١٦	١٠	١٫٥١	١٧١	٤٦٤
١/١٠	٢٠	٢٫٣٠	٥٩٤	٢٩٣
١/٢٠	٢٦	٣٫٠٠	١٢٠٠	٢٦٥
١/٣١	٣٠	٣٫٤٦	١٩٠٠	٢٥٦
١/١٠٠	٤	٤٫٦١	٦٠٠١	٢٤٥

كما أن الجدول رقم(٦)يعطينا منسوب التهبيط ($b = \frac{U_1}{U_2}$) والتهبيط المطلوب بالديسبل والنيبر ، كذلك يعطينا قيم المقاومات المطلوبة لتشكيل الشبكات المهبطة لكابل غير متماثل .

---

(١) الديسبل نسبة لوغارتيمية تعطينا شدة تردد ما كما تسمعه الاذن ويحسب بالقانون التالي:

منسوب التهبيط للواط $$db = 10 \log_{10} \frac{W_1}{W_2}$$

أو منسوب التهبيط بالفولت $$db = 20 \log_{10} \frac{U_1}{U_2}$$

(٢) النيبر : اللوغارتيم الطبيعي لمنسوب تيارين ويساوي (٨٫٦٨) ديسبل .

الجدول رقم (٦)

جدول التهبيط والنيبر وقيمة المقاومات المشكلة لشبكة التهبيط

لكابل غير متماثل (كواكسوالي)

b U_1/U_2	بالديسبل (db)	نيبر	أوم R_1	أوم R_1
١/٣٫١٦	١٠	١٫١٥١	٨٦	١١٦
١/١٠	٢٠	٢٫٣٠	٢٩٧	٧٣
١/٢٠	٢٦	٣٫٠٠	٦٠٠	٦٠٠
١/٣١	٣٠	٣٫٢٦	٩٥٠	٦٤
١/١٠٠	٤٠	٤٫٦١	٣٠٠٠	٦١

ولو أردنا التحقق من صحة حساب المسألة التي حللناها بالحساب لوجدنا أن كلا الحلين للكابل المتماثل أو الكابل غير المتماثل صحيحاً بالنسبة للجداول $\frac{U_1}{U_2} = 10$ ، وهذا فعلاً في الجدول رقم(٥) للكابل المتماثل يعطي قيم للمقاومتين R_1 = ٥٩٤ و R_2 = ٢٩٣ أوم .

وفي الجدول رقم(٦) للكابل غير المتماثل R_1 = ٢٩٧ و R_2 =٧٣أوم وكلاهما صحيح بالنسبة للحل الحسابي المسألة .

التوافق

رأينا في السابق من هذا الكتاب أن هنـــاك أكثر من نوع واحد من الهوائيات ، كما أن هنـاك أكثر من نوع واحد من الكوابل التي يمكن استعمالها لإيصال الإشـارة من الهوائي إلى الجهاز . كما أننا نعلم أن ممانعة مخرج الهوائي تختلف باختلاف نوعه . فمثلاً ممانعة مخرج هوائي الديبول المفتوح حوالي (٧٣) أوم بينما ممانعة مخرج هوائي ديبول مطوي حوالي (٢٤٠ — ٣٠٠) أوم . هـــذا بالإضافة إلى أن المانعة الوصفية للكوابل تختلف أيضـاً ، فمانعة الكابل الشريطي هي بين (٢٤٠—٣٠٠) أوم وممانعة الكابل الكواكسوالي حوالي (٦٠— ٧٥) أوم .

ونحن نعلم أيضاً أن من الشروط الأساسية لانتقال كامل استطاعة من دارة إلى دارة أخرى أن تكون الدارتان متوافقتين (Matched) أي أن ممانعة مخرج الدارة الأولى يساوي ممانعة مدخل الدارة الثانية .

وعندما لا يكون التوافق صحيحاً فان جهاز التلفزيون يمتص قسماً من قدرة الإشارة القـادمة ، أما القسم الآخر فينعكس عائداً إلى الهوائي ومن ثم تعود ثانية إلى جهاز التلفزيون وهكذا دواليك . وهذه الانعكاسات لقدرة التردد الرديوي سواءاً في كابل متوازن كالكابل الشريطي أو غير متوازن كالكابل الكواكسوالي يسبب أمواج واقفة (Standing waves) في الكابل المذكور . فاذا وجدت هـذه الأمواج الواقفة أصبح الطول الكهربائي للكابل مهما ، لأن نقـاط التوافق الأعظمي تظهر على أبعاد أطوالها طول نصف الموجة المستعملة بدءاً من نقطة توصيل الكابل الهوائي لأن ممانعة هـــذه النقاط عادة منخفضة .

إن عدم التوافق يسبب تأثيرات غير مستحبة على الصورة . فاذا كان الـكابل طويلا ظهرت الصورة مهتزة وظهر لها شبح كما ينخفض منسوب الإشارة على التشويش ، وقد يظهر بعض عدم الاستقرار عندما يكون منسوب التباين (Contrast) عالياً ، كما أن تفصيلات الصورة تتأثر .

للأسباب المذكورة أعلاه يجب استعمال شبكات توافق (Matching networks) تساعد على تحقيق التوافق المطلوب بين الهوائي والـكابل ومن ثم الكابل ومدخل جهاز التلفزيون .

إننا نستعمل عادة نفس شبكات التهبيط التي أتينا على شرحها في الصفحات السابقة للقيام بهذه المهمة مع تعديل بسيط وهو استبدال الممانعة (Z) بالممانعة المطلوبة ونستعمل الجدولين رقم (٥) للكابل (٢٤٠) أوم والجدول رقم (٦) للكابل (٦٠—٧٥) أوم.

شبكات هوائيات التلفزيون في الأبنية

إن تمديدات الكوابل على جدران البيوت تشوه منظرها ، لذا فان أكثر مقتني أجهزة التلفزيون يفضلون أن تكون هـذه التمديدات داخل الجدران وضمن أنابيب خاصة كما هي الحال في التمديدات الكهربائية وتمديدات هوائيات أجهزة الراديو .

إن تمديد شبكات هوائيات التلفزيون عملية دقيقة يجب حسابها وتحضيرها قبل البدء بتنفيذهـا ، وعلى المهندس الذي يريد تنفيذهـا أن يقوم بالخطوات التالية :

١ — اختيـار نوع الـكابل النازل من الهوائي .
٢ — 〃 〃 الأنابيب التي سيمدد ضمنها الـكابل .
٣ — معرفة عدد المآخذ (Outlets) التي ستركب في البناء .

٤ — معرفة أنواع وممانعة مداخل (Input impedance) الأجهزة التي ستستعمل داخل البناء .

إن اختيار نوع الكابل عملية سهلة لأننا نريده أن لا يتأثر التيار المار فيه لو ترك غير مثبتاً داخل الأنابيب وهذا لن يحققه الكابل الشريطي،لذا فانالكابل الوحيد الذي نستطيع استعماله في هذه الحالة هو الكابل المدرع الكوا كسيالي .
إن اختيارنا لهذا الكابل سببه وجودالدرع الذي يمنع تأثير تغيراتالحقولالخارجية الذي يسببه تحرك الكابل .

كما أن الأنابيب التي تستعمل ليمدد داخلها الكابل المدرع يجب أن تكون من النوع المعزول بحيث لا يؤثر تحرك الكابل ضمنها فاي نوع من الأنابيب العازلة التي تستعمل في التمديدات الكهربائية صالحاً لهذا الغرض .

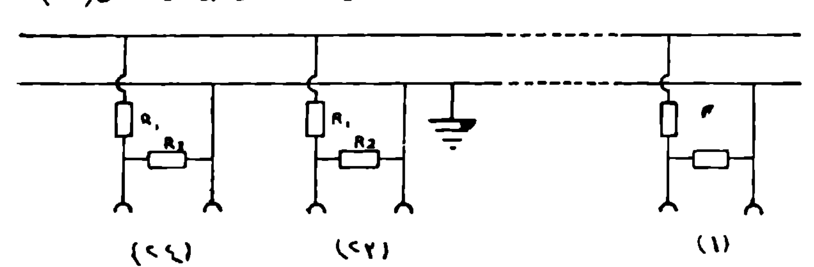
أما عدد المآخذ فيجب أن يحسب جيداً بحيث نعلم تماماً عددها، وسنبينالسبب في المثال التالي :

لنفرض أن لدينا بناء مكون من ثلاثة طوابق في كل طابق يوجد ثمانية غرف والمطلوب وضع مأخذ في كل غرفة من هـــذه الغرف مع العلم أننا نستعمل كابل كوا كسيالي ممانعته الوصفية (٧٥) أوم .

عدد الطوابق : ٣

عدد الغرف في الطابق : ٨

عدد المآخذ : ٣ × ٨ = ٢٤ مأخذ وموصلة كما هو مبينفيالشكل(٦٨).



الشكل رقم : (٦٨)

نستعمل في هذه الحالة شبكات موافقة نحسب قيم مقــاوماتها كالتالي :

$$R_1 = 2Z \frac{N^2 - N}{2N - 1} \qquad (٢٣)$$

$$R_2 = Z \frac{N}{N - 1} \qquad (٢٤)$$

حيث : R_1 = مقــاومة موصلة بالتسلسل مع الجهاز (شكل رقم٦٨)

R_2 = 〃 〃 بالتوازي 〃 〃 (〃 〃 〃 ٦٨)

Z = الممانعة الوصفية للـكابل [في هذه الحالة أخذنا كابلاً ممانعته الوصفية (٧٥) أوم] .

N = عدد المـآخذ المطلوبة [في هذه الحالة (٢٤) مأخذ]

فيـكون :

$$R_1 = 2Z \frac{N^2 - N}{2N - 1} =$$

$$2 \times 75 \frac{24^2 - 24}{2 \times 24 - 1} = 150 \frac{552}{47} = 1755 \text{ ohm}$$

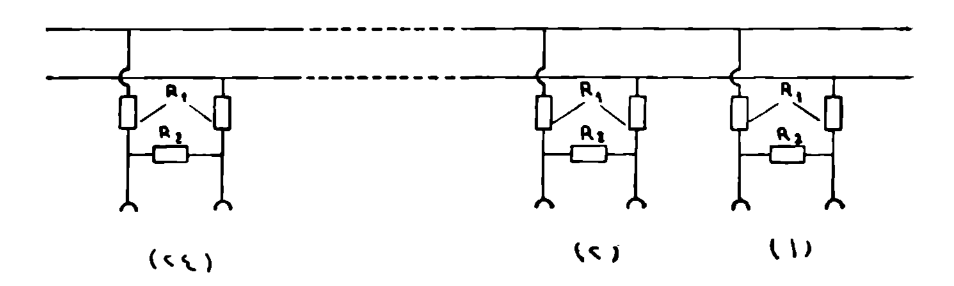
$$R_2 = Z \frac{N}{N - 1} =$$

$$75 \times \frac{24}{24 - 1} = 75 \frac{24}{23} = 78{,}25 \text{ ohm}$$

طبعاً اننا لن نجد هذه القيم بالضبط لذا فنحن نختار المقاومة التي قيمتها أقرب ما يمكن في حدود (∓ ١٠ ٪) ثم نستعمل محولات موافقة (Matching Transformer) بين كل مأخذ والجهـاز المراد توصيله على الشبكة لتحويله من (٧٥) أوم إلى (٣٠٠) أوم .

هذا إذا استعملنا كابلاً غير متماثلا (unsymmetrical) أي ان في الكابل ناقلا واحد فقط والناقل الثـــاني هو الأرض . أما إذا استعملنا كابلا متماثلا (Symmetrical) أي أن فيه ناقلين كالكابل الشريطي مثلا فان القوانين التي استعملناها سابقاً تتغير . كما أن شبكات التوافق تصبح على شكل الحرف اليوناني (π) بعد ان كانت على شكل (L) .

والتوصيلة تصبح كما في الشكل رقم (٦٩) . وان الممانعة الوصفية لهذا الكابل هي (٢٤٠) أوم .



الشكل رقم : (٦٩)

والقوانين تصبح :

$$R_1 = Z\frac{N^2 - N}{2N - 1} = 240\ \frac{24^2 - 24}{48 - 1}\ 240\ \frac{552}{47} = 2845 \text{ ohm}$$

$$R_2 = Z\frac{N}{N - 1} = 240\ \frac{24}{23} = 250 \text{ ohm}$$

طبعاً لن نجد هـذه القيم بالضبط لذا نختار المقاومة التي قيمتها أقرب ما يمكن لهذه الأرقام في حدود (∓ ١٠ ٪) .

ماذا يحدث لو لم نستعمل هذه الشبكات التي رسمناهـا وحسبناها ؟ إننا نعلم أن التوافق بين كابل الهوائي ومدخل الجهاز ضروري جداً لنقل أعلى قيمة استطاعة وبالأحرى للحصول على شدة تيار أعلى مايمكن . وعندما نضع أكثر من جهـــاز واحد بالتوازي على الكابل الذي ممانعته الوصفية (٧٥) أوم أو (٢٤٠) أوم يحدث عدم التوافق بين مخرج الكابل ومداخل الأجهزة وتزداد هـــذه المخالفة كلما زاد عدد الأجهزة الموصلة بالتوازي وتصبح الأجهزة احمال مهبطـة على الكابل ونسبة هـــذا التهبيط تحسب بالقـانون التالي :

$$b = 2N - 1$$

فلو لم نستعمل شبكات التوافق في المثال السابق لكانت النتيجة أن هذه الأجهزة ستحدث تهبيطاً قدره :

$$2 \times 24 - 1 = 47 = b = 2N - 1$$

أي : $\frac{1}{47} = b$

وهي حوالي (٣١) ديسبل .

يجب أن لا يعتقد القـارىء أن الأمر بهذه السهولة التي شرحناها لأن هنـاك كثير من الأمور يجب ملاحظتها أيضاً وتدقيقها قبل اعتبار القضية منتهية . علينا مثلاً أن :

١ — نختار طريقة توزيع المآخذ ؛

٢ — إن توافق الهوائي مع الكابل أو الكوابل النـازلة منه باستعمال شبكة موافقة .

٣ — علينا أن نحسب الضياع الذي يحدث في شبكات التوافق ونعوض بعضه ، إذا كانت الإشارة غير كافية ، باستعمال مكبر من نوع خاص .

٤ — علينا أن نحسب احتمال حدوث قصر (Shortning) أحد المآخذ .

٥ — علينا أن نقرر عدد الهوائيات التي نريد استعمالها (حسب شدة الإشارة في المنطقة حيث يوجد البناء) .

٦ — علينا أن نختار نوع المكبر (Amplifier) فيما إذا كان لقنال واحد أو أكثر من قنال واحد . يرينا الشكل رقم (٧٠) مصور تخطيطي لبناء المثال السابق وفيه (٢٤) مأخذ كما فيه :

١ — الشرط الأول قد اختير لتكون فيه التوصيلات من الهوائي إلى الطابق الثالث ومنها إلى الطابق الثاني ومن ثم إلى الطابق الأول وأعيدت بعكس الترتيب كما هو مصور في الشكل رقم (٧٠) .

٢ — الشرط الثاني استعملت شبكة توافق ضياعها (٤) ديسبل .

٣ — نحسب التهبيط من الهوائي حتى آخر جهاز في الشبكة ويجمع التهبيط في كل شبكة وفي الكابل النازل فيكون الضياع في هذه الشبكة يساوي إلى :

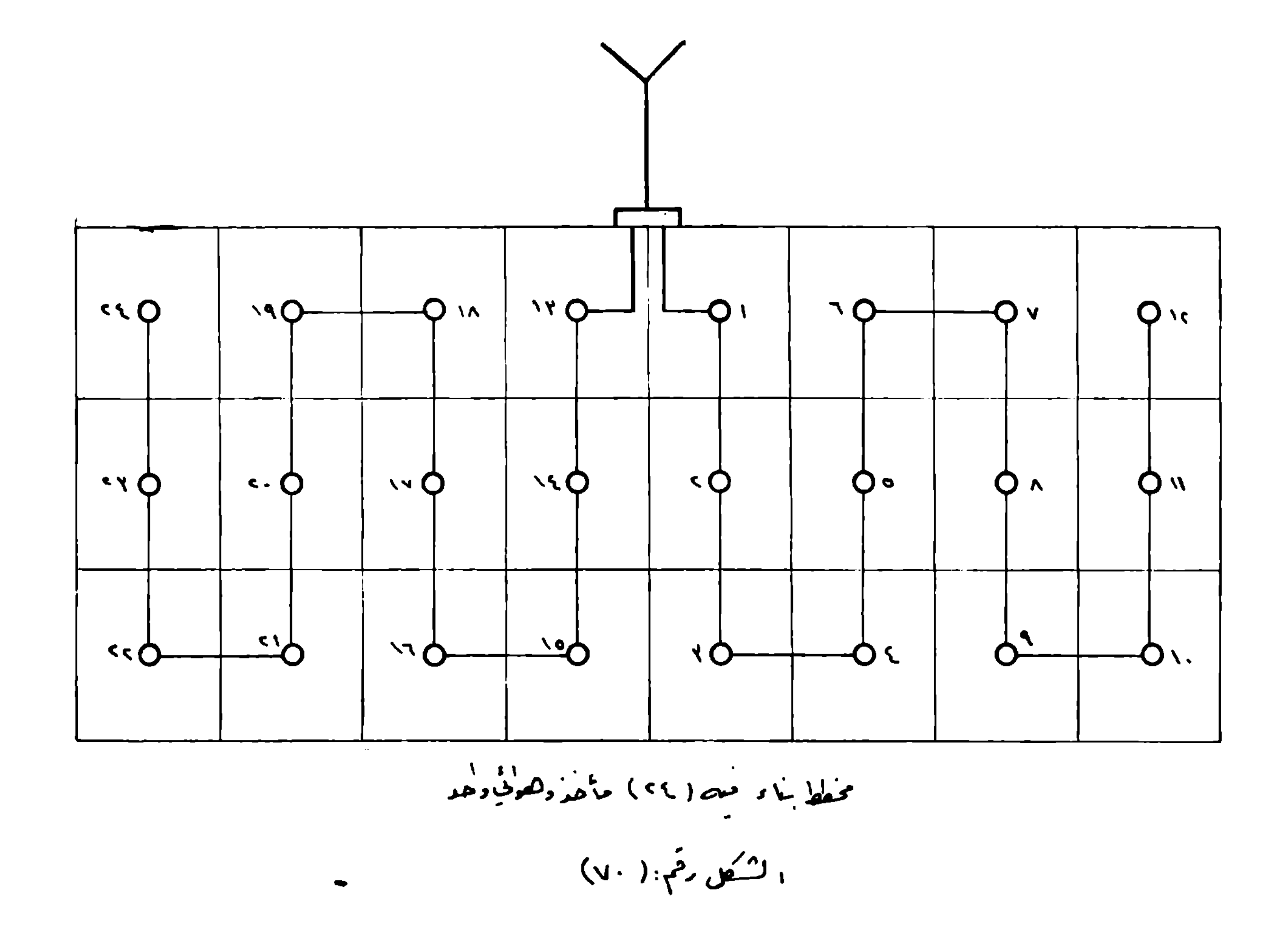
٤٫٠٠ ديسبل الضياع في علبة موافقة الهوائي مع الكابل .

٨٫٤٠ « « في الشبكات الحافظة من القصر (٠٫٧ × ١٢ = ٨٫٤) ديسبل وهذا على اعتبار (٠٫٧ ديسبل هو الضياع في الكابل بين كل مأخذ وآخر) .

٦٫٠٠ ديسبل الضياع في علبة موافقة الجهاز مع الشبكة .

٣٫٠٠ « « « « محولة التوفيق (Matching Transformer) .

٢١٫٤٠ المجموع وهو التهبيط العام حتى الجهاز رقم (١٢) .



مخطط بناء فيه (٢٤) مأخذ وهوائي واحد

الشكل رقم: (٧٠)

٤ — نقد وضعنا شبكة موافقة بين الجهاز والشبكة والضياع فيها يساوي (٦) ديسبل .

٥ — نقد استعملنا هوائياً واحداً فقط في هذا المثال .

ملاحظة :

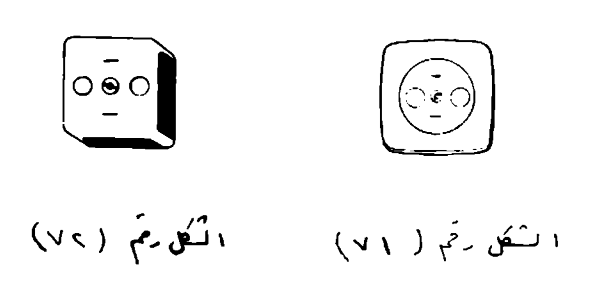
يمكن استعمال أكثر من هوائي واحد ، فمثلا يمكن قسمة المجموعة المؤلفة من (٢٤) مأخذ إلى مجموعتين كل منها (١٢) مأخذ ووضع هوائيين بدلاً من واحد ، أو قسمتها إلى ثلاثة واستعمال ثلاثة هوائيات . إن تقدير عدد الهوائيات تقدير محلي على المهندس المصمم أن يختاره حسب شدة الإشــارة القادمة .

٦ — إن المكبر الذي نستعمله هو لقنال واحد فقط ويجب أن يكون ربحه من ٢٠ — ٢٥ ديسبل ويجب أن نضعه أقرب ما يمكن من الهوائي .

وهكذا فان هذا المثال يشرح لنا بالتفصيل كيفية حساب الشبكات التلفزيونية للأبنية مهما كان عدد المآخذ المراد تركيبها فيها . ويجب أن لا يغرب عن البال أن هـــذه الطريقة يمكن تطبيقها على بيت واحد فيه مأخذين أو أكثر أو على صالة عرض نريد تشغيل أكثر من جهاز واحد فيها ، أو على مركز خدمة فيه أكثر من طاولة إصلاح واحدة ونرغب في تشغيلها جميعاً .

كما أن المهندس المختص بعد ان يحسب عدد المآخذ بالضبط وأمكنتها يستطيع الحصول من السوق التجاري على مآخذ مجهزة بالمقـاومات اللازمة صنعت خصيصاً لهذا الغرض والشكل رقم (٧١) يرينا أحد هذه المآخذ

الجهزة وقد صنعته شركة ويزي (Wisi) الالمانية بحيث إذا ركب على الحائط أصبح بمستواه . كما أن الشكل رقم (٧٢) يرينا مأخذ يقوم بنفس العمل إنما يركب على الحائط ويبقى بارزاً عنه .



الشكل رقم (٧١) الشكل رقم (٧٢)

وفي المكبرات المتنوعة ما يساعد المصمم على اختيار المكبر الذي يتطلبه العمل ، كما أنه يستطيع أن يجد هذه المكبرات جاهزة في الأسواق العامة ، فمثلا المكبر (TV – 1 273/2) يفي بمطاليب الشبكة المشروحة أعلاه. وربحه (٢٦) ديسبل وهو من صنع شركة ويزي (Wisi)الالمانية .

الهوائيات الجماعية

يصعب في بعض القرى استقبال الإرسال التلفزيوني وذلك لوجود بعض الموانع الطبيعية كالهضاب والجبال ، أو لبعدها عن محطة الإرسال التلفزيوني . فللتغلب على مثل هذه الموانع يلجأ إلى طريقة تعرف باسم الهوائي الجماعي وتتلخص هذه الطريقة باستعمال هوائي واحد للقرية كاملة ومن ثم يمدد من هذا الهوائي كابلات كواكسوالية إلى جميع المشتركين . وهذا يعني أننا قد غيرنا طريقة الإرسال من الهوائي حتى أجهزة المشتركين من لاسلكي إلى سلكي وأصبحت الشبكة وكأنها شبكة بناء واحد مع فارق وحيد

هو المسافات الكبيرة بين مشتركين في الهوائي الواحد في الحالة الثانية.

على الفني الذي يريد أن يقوم بدراسة من هذا النوع أن يتبع الخطوات التالية :

١ – اختيار المكان الملائم لنصب الهوائي .

٢ – قياس شدة الحقل في تلك المنطقة عند ما يكون هناك إرسال من محطة التلفزيون .

٣ – اختيار نوع الهوائي الذي سيستعمل .

٤ – معرفة التردد الذي تعمل عليه محطة الإرسال التلفزيوني .

٥ – اختيار المكبر (Amplifier) المراد استعماله.

٦ – دراسة طبيعة الأرض .

٧ – دراسة نوع الكابل .

٨ – معرفة عدد المشتركين .

بعد أن يتم المهندس هذه الدراسة الأولية يقوم بما يلي :

١ – يقسم البلد إلى مناطق .

٢ – يختار نوع المحولة الموفقة بين الهوائي والكوابل الرئيسية .

٣ – يختار أمكنة علب التوزيع الفرعية .

٤ – يعين بالضبط مسارات الكوابل من علب التوزيع الفرعية إلى بيوت المشتركين .

٥ – يحسب قيم مقاومات شبكات التوافق كما فعلنا في مثال الشبكات داخل الأبنية .

٦ – يختار نوع محولات التوافق بين الشبكة والأجهزة التلفزيونية .

٧ — يحسب الضياع في الكوابل والشبكات من الهوائي حتى أبعد جهاز عن الهوائي ويعتبره الضياع الأعظمي لهذه الشبكة .

٨ — يعين ربح (Gain) المكبر بعد أن تم اختياره .

٩ — يبدأ بتنفيذ المشروع .

مثال :

لنفرض أن قرية (س) لا يصلها الإرسال التلفزيوني مباشرة لذا فان الاستقبال في تلك المنطقة صعب جداً ، وأشباح الصورة التي تظهر مع الصورة كثيرة لذا فان الصورة مشوهة . تقدم أهل قرية (س) اليك يرجونك مساعدتهم في حل هذا الإشكال .

إن أول عمل يجب أن تقوم به هو الذهاب إلى القرية (س) وفحص طبيعة موقعها بالنسبة لمحطة الإرسال لاختيار أقرب مرتفع من القرية . هذا المرتفع يجب أن يحقق الشروط التالية :

١ — أن يكون اقرب مايمكن من القرية ذاتها .

٢ — 〃 〃 سهل الوصول اليه (هناك طريق معبد أو .. الخ)

٣ — 〃 〃 خط البصر بينه وبين هوائي الإرسال لا تعترضه عارضة طبيعية إذا أمكن .

٤ — أن تكون شدة الحقل الكهرطيسي في تلك النقطة أعلى منها في النقاط الأخرى حول البلدة .

٥ — أن يكون بالإمكان حفر الأرض لطمر الكابل النازل من الهوائي .

لقد وجدنا فعلاً نقطة (ن) تبعد عن آخر بيت في القرية مسافة (١٫٢) كيلومتر .

الخطوة الثانية : تعيين شدة الحقل الكهرطيسي في تلك النقطة ولقد وجدنا أنها (٢٧٠) ميكرو فولت .

الخطوة الثالثة : نختار نوع الهوائي ، ولقد وجدنا أن هوائياً مزدوجاً في كل من مجموعتيه (١١) عنصراً منها واحد ديبول مطوي صنع شركة (ويزي) ، وهو المصور في الشكل رقم (٧٣) يحوي المواصفات التالية :

آ ــ زاوية شعاعه الأفقية (٢٠) درجة .

ب ــ ربحه (١٥,٥) ديسبل .

حـ ــ نسبة الإشارة المستقبلة في الاتجاه الأمامي إلى الإشارة المستقبلة في الاتجاه الخلفي (Front to Back Ratio) (٢٨) ديسبل .

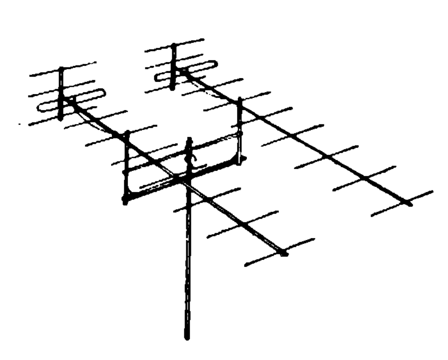
د ــ ممانعة مخرجه (٣٠٠/٢٤٠) أوم .

الخطوة الرابعة : إن تردد محطة الإرسال هو (١٧٤،٧٥) ميغاتر/ثا .

الخطوة الخامسة : سنستعمل مكبراً مجاله الترددي (١٧٤-١٨٢)ميغاتر/ثا الموافق للقنال (٥) من الطيف الترددي .

الخطوة السادسة: اختيار مسار الكابل وقد وجدنا فعلاً طريقاً جيداً نستطيع حفره حتى آخر مشترك في القرية .

الخطوة السابعة: لقد قررنا استعمال كابلاً كوا كسوالياً مسلحاً (Armed coaxial cable) مواصفاته كالتالي :



الشكل رقم (٧٢)

آ — يجب أن يكون كابلاً كوا كسوالياً من النوع الثخين.

ب— يجب أن يكون مسلحاً (Armed cable) .

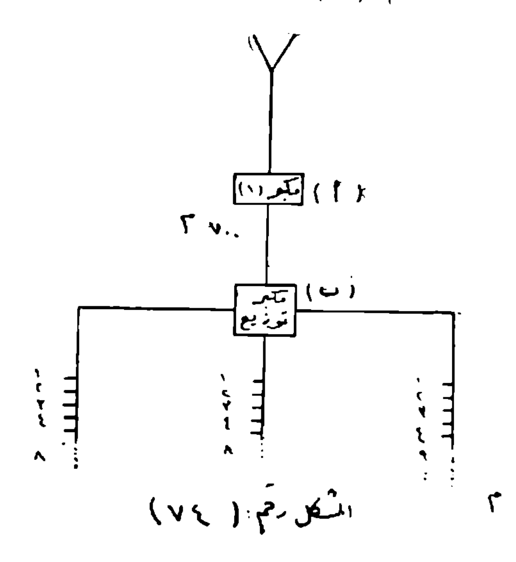
حـ — يجب أن يتجاوز تهبيطه لإشارة ترددها (٢٠٠) ميغاتر/ثا(٢)ديسبل في كل (٢٠) متر .

د — يجب أن لا يتجاوز عامل السرعة (Velocity Factor) (٠،٦).

هـ — يجب أن تكون ممانعة الجيشان(Surge Impedance) (٧٥) أوم.

الخطوة الثامنة : بعد الإحصاء تبين أن عدد المشتركين سيكون (٢٥) خمسة وعشرون مشتركاً فقط .

بعد أن يتم المهندس هـــذه الدراسات الأساسية ينظر إلى مصور القرية . ولقد وجدنا أننا عند مدخل القرية نستطيع تقسيمها إلى ثلاثة مناطق . وأن مدخل القرية يبعد عن نقطة الهوائي حوالي (٧٠٠) متر فنظمنا مخطط التوزيع كما هو مبين في الشكل رقم (٧٤) ، لذا سنضطر إلى استعمال مكبر ثان



الشكل رقم: (٧٤)

عند تلك النقطة . وهنا نبدأ بحساب التهبيط من النقطة (آ) إلى النقطة(ب)

لتعيين ربح المكبر الأول .

لقد اخترنا كبلاً تهبيطه (٢) ديسبل في كل (٢٠) متراً ، فيكون مجموع الضياع في هذا القسم هو :

$$\frac{٧٠٠}{٢٠} \times ٢ = ٧٠ \text{ ديسبل}$$

فيجب أن يكون ربح المكبر الأول حوالي (٧٥)ديسبل .

أما حساب الضياع من مدخل القرية إلى أبعد مشترك فنحسبه كما يلي:

بما أننا بحاجة إلى شبكة حافظة من القصر وهـذه الشبكات موجودة دائماً على الكابل في هذا الفرع يوجد تسعة مشتركين ونحن نعلم من مواصفات هذه الشبكات أن الضياع في كل واحدة منها يساوي (٠٫٧) ديسبل لذا :

٠٫٧ × ٩ = ٦٫٣ ديسبل الضياع في الشبكات الحافظة من القصر.

٥٠ « « في الكابل من مدخل القرية حتى آخر مشترك .

٦ « « في علبة محولة الموافقة .

٦٢٫٣ « التهبيط من المكبر الثاني حتى أبعد مشترك.

نلاحظ من المصور أعلاه أننا أضفنا مكبراً جديداً نسميه مكبر التوزيع (Distribution Amplifier) ويجب أن يكون ربح هـــذا المكبر (٦٥ — ٧٠) ديسبل .

وبهذه الطريقة في الحساب نستطيع حل أية مسألة من هـــذا النوع قد تعترض طريقنا .

الفصل التاسع

تزويج الهوائيات والهوائيات الخاصة

تزويج الهوائيات

ازدواج الهوائيات وتوصيلاتها :

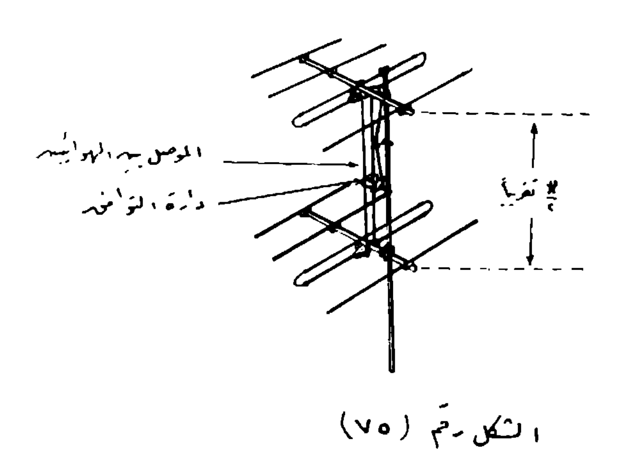
لقد رأينا في السابق من هـــذا الكتاب أنه إذا كانت المسافة بين جهاز التلفزيون ومحطة الإرسال قد تجاوزت المائة كيلو متر نلجأ إلى استعمال بعض الأنواع الخاصة من الهوائيات التلفزيونية كهوائي الرومبيك أو الهوائي المتعدد العناصر أو مجموعة من الهوائيات مركبة على صاري واحد وموصلة توصيلاً فنياً بحيث ان الإشارات التي تتأثر بها جميع الهوائيات تصل إلى المخرج العام ، حيث يوصل الكابل النازل ، بنفس الوقت متفقة في الطور وفي أكثر الأحيان متساويه في القوة .

ولو اعتبرنا ما تقدم شرطاً من شروط توصيل أكثر من هوائي واحد على جهاز واحد لوجدنا أمامنا مشكلة أخرى أيضاً وهي توافق مخرج هذه المجموعة من الهوائيات مع ممانعة الكابل النازل .

تركيب هوائيين متماثلين وتوصيلهما :

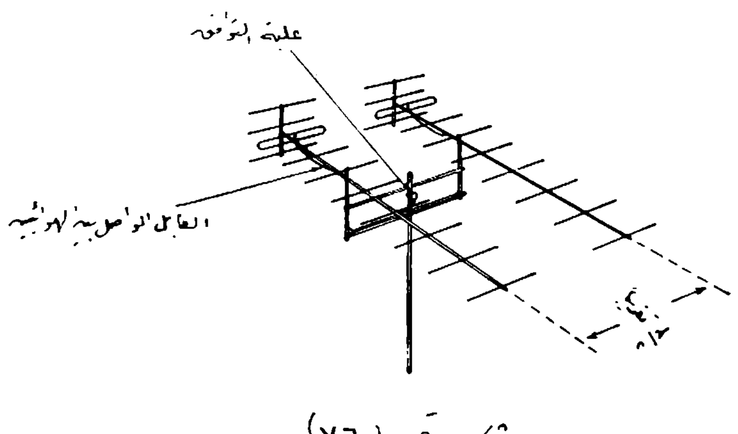
يمكن أن يركب هوائيان متماثلان على صاري واحد كما هو مبين في الشكل رقم (٧٥) بحيث يكون أحدهما فوق الآخر وكلاهما في مستوى مواز للآخر

وبنفس التوجيه بالضبط . إن المسافة بين هذين الهوائيين يجب أن لا تتجاوز طول نصف الموجة كما أن التوصيل يجب أن يتم بواسطة دارة توافق خاصة بحيث تبقى ممانعة الخط الموصل بين الهوائيين مساوية إلى ممانعة الكابل النازل. ويجب أن نلاحظ أن نقطة توصيل الكابل على الخط الواصل بين الهوائيين هي في منتصف المسافة بين الهوائيين . ونحن لن نبحث النظريات التي تفرض هذه الترتيبات لأنهـــا بديهية وتتعلق بالزمن الذي تستغرقه موجة معينة لقطع مسافة معينة .



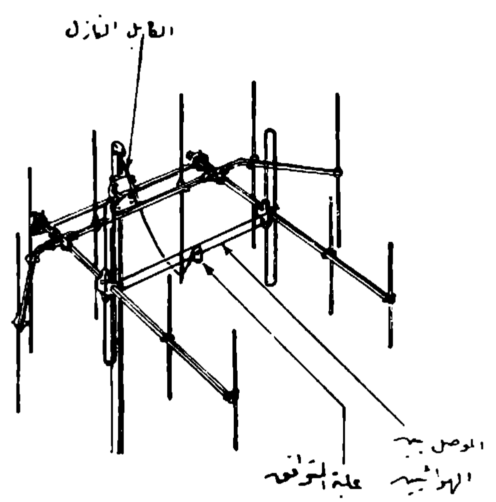
الشكل رقم (٧٥)

كما أن بالإمكان تركيب الهوائيان في مستوى واحد على حامل يصنع خصيصاً على شكل الحرف اللاتيني (U) وهو كالمصور في الشكل رقم (٧٦) ونطبق عليه نفس الشروط التي طبقناها على التركيب العمودي إلا أن المستوى قد أصبح أفقياً بدلاً من كونه عمودياً كما في المثال السابق .



الشكل رقم (٧٦)

ويرينا الشكل رقم (٧٧) ترتيبات توصيل هوائيين في كل منهما ستة عناصر منها ديبولان مطويان وستة عواكس وأربعة موجهات وقد ركبت هـــذه المجموعة لتستقبل موجة مستقطبة عاموديا (Vertically polarized wave) ـ ونطبق على هذه المجموعة نفس الشروط التي طبقناها على المجموعتين السابقتين.



الشكل رقم (٧٧)

جمع مخارج هوائيات مختلفة :

إن جميع أجهزة التلفزيون الحديثة تعمل على المجالين الترددين صممت لتعمل على كابل كواكسوالي وخاصة الأجهزة التي فيها الملحن البرجي (Turret tuner) فان لها

مدخلاً واحداً لكلا خطين ترددين ، ولذا فاننا لن نجد مشكلة تذكر في توصيل الكابل الى جهاز التلفزيون لأن مخرج الهوائي موصل إلى كابل كواكسوالي وهو بدوره موصل إلى جهاز التلفزيون والجهاز بدوره يختار الإشارة المطلوبة .

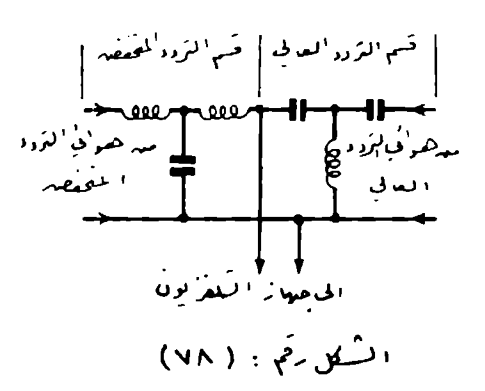
ولكن عندما تجبرنا الشروط على استعمال هوائيين مستقلين تصبح المشكلة أكثر تعقيداً . فنحن نستطيع مثلا أن نستعمل كابلين بدلا من كابل واحد ونغير هذه الكوابل في كل مرة نغير المجال الذي يعمل عليه جهاز التلفزيون . ولكن هذه العملية غير مناسبة وتساعد على استهلاك مأخذ هوائي الجهاز بسرعة .

ونحن لا نستطيع أن نوصل مخرجي هوائيين يعملان على ترددين مختلفين ونتوقع الحصول على نتائج جيدة من الهوائيين معاً لأننا سنخالف المطلوب الأول في مثل هذه الحالات وهو عزل قسم التردد العالي عن قسم التردد المنخفض في الكابل وذلك لتحاشي وجود مخرج هوائي التردد العالي في أحد الكابلين حين وجود إشارة التردد المنخفض في الكابل الثاني وبالعكس.

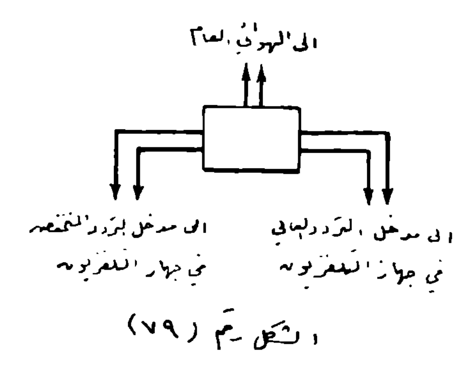
ونستطيع تحاشي هذه الحالة باستعمال شبكة ترشيح (Filter network) يكون فيها قسمان ، الأول لتمرير التردد العالي والثاني لتمرير التردد المنخفض والنتيجة انه إذا أخذت الإشارة ذات التردد العالي خلال قسم التردد العالي والإشارة ذات التردد المنخفض خلال قسم التردد المنخفض إلى الكابل النازل فسيكون التهبيط قليل على الإشارة خلال هذه المرحلة ، أما التهبيط العالي فسيظهر عندما تخرج الإشارة الغير مرغوب فيها من دارة الترشيح إلى جهاز التلفزيون .

إن الشكل رقم (٧٨) يرينا دارة ترشيح من النوع المذكور وتعرف

هذه الدارات بأسماء مختلفة منها وحدات التجاوز (Cross—over units) ووحدات الجمع (Combining units) . كما يمكن استعمال هذه الشبكات لتعكس الآية ، ونعني بهذا أنه عندما يكون لدينا هوائي مشترك للترددات العالية والترددات المنخفضة معاً نريد توصيله إلى جهاز تلفزيون فيه مدخلان واحد للتردد العـالي وآخر للتردد المنخفض نستطيـع وضع هـذه الوحدة لفصل الترددات القادمة من الهوائي كل في طريقها المطلوب كما هو مصور في الشكل رقم (٧٩) .



الشكل رقم : (٧٨)

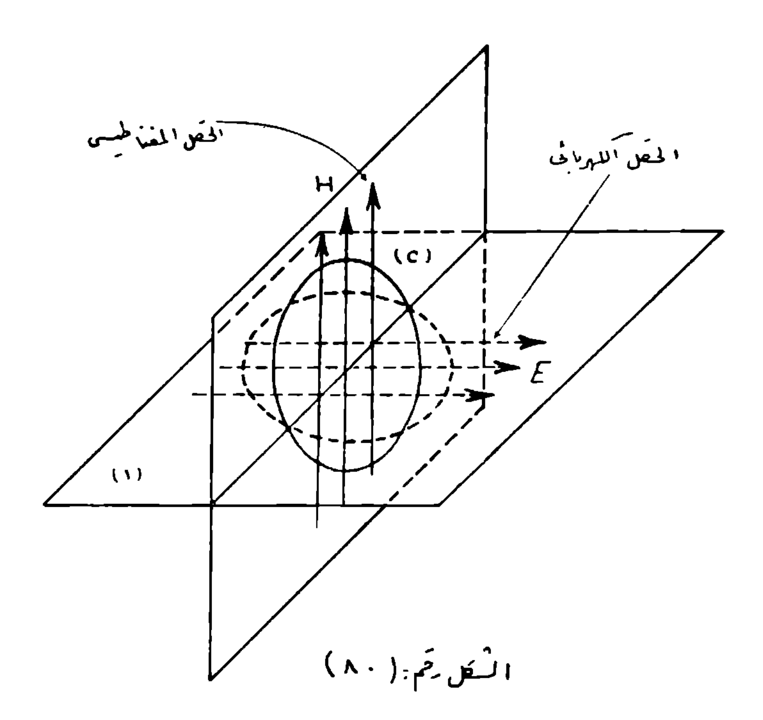


الشكل رقم (٧٩)

الأمواج المستقطبة

الأمواج المستقطبة أفقياً والأمواج المستقطبة عمودياً :

لقد قلنا سبقاً أن الأمواج الكهرطيسية مؤلفة من حقلين ، أولهما الحقل المغناطيسي والآخر الحقل الكهربائي بينهما زاوية قدرهــا (٩٠) درجة كما هو مبين في الشكل رقم (٨٠) . فاذا غير هـــذان الحقلان اتجاهما كما



الشكل رقم : (٨٠)

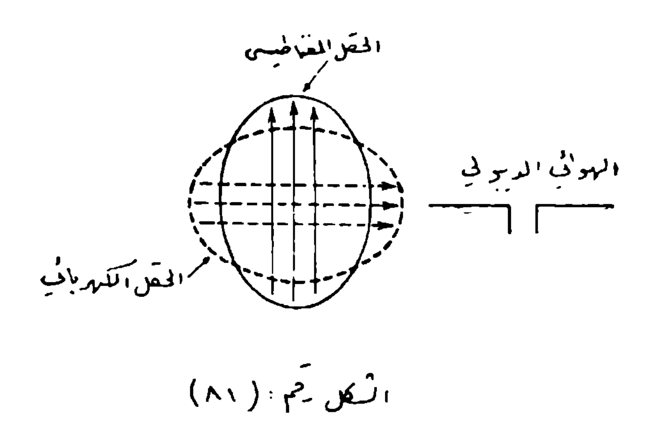
يتغير مطالهما كانت هذه الأمواج غير مستقطبة . وإذا لم يغير هذان الحقلان اتجاهيها بل بقي كل منهما في نفس المستوي الذي وجد فيه أول مرة سميت هذه الأمواج بالأمواج المستقطبة .

إن استقطاب الأمواج الرديوية تحدده الهوائيات التي تبثها . والأمواج الأرضية (Ground wawe) التي تبثها الهوائيات العمودية المستعملة في أجهزة الإرسال الإذاعية تكون عادة مستقطبة عموديا وذلك لأن الحقل الكهربائي (Electric Field) الذي يخلقه هوائي الإرسال مع الأرض يكون عموديا تقريباً .

أما هوائيات التردد العالي فتكون عادة مستقطبة أفقياً والحقل الكهربائي من الطرف الأول إلى الطرف الثاني للهوائي يولد موجة مستقطبة أفقياً على جهاز الاستقبال .

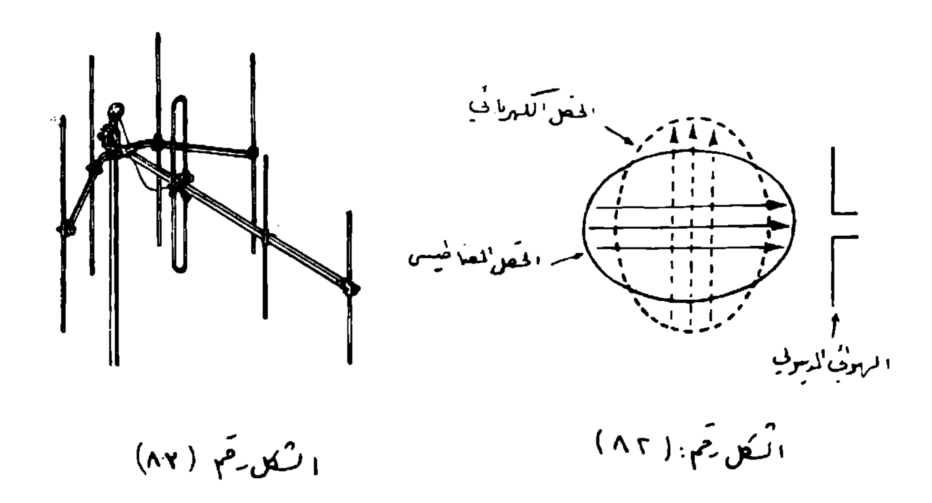
ونحن نعلم أن الحقل المغناطيسي المتغير هو الذي يولد تياراً كهربائياً في سلك ما (قانون لنز) كما نعلم أيضاً أن الهوائي العادي يتأثر بهذا الحقل المتغير ويتولد فيه تياراً يتناسب معه ، ويكون هذا التيار أعظمياً عندما يكون الهوائي عموديا على هذا الحقل ، ويقل هذا التأثير كلما مال الناقل وشكل زاوية أكبر أو أصغر من (٩٠) درجة مع الحقل المغناطيسي حتى ينعدم هذا التأثير تماماً عندما يصبح موازيا للحقل .

لهذا السبب نقول أن الموجة المستقطبة أفقياً تحتاج إلى هوائي استقبال يثبت أفقياً لأن الحقل الكهربائي فيها أفقياً ، بينما الحقل المغناطيسي عموديا وهذا مبين في الشكل رقم (٨١)



الشكل رقم : (٨١)

وكما أن هوائي الموجة المستقطبة عمودياً يوضع بشكل عمودي لأن الحقل المغناطيسي قد أصبح أفقياً كما هو مبين في الشكل رقم (٨٢) . والشكل رقم (٨٣) يريك هوائياً معداً لاستقبال موجة مستقطبة عمودياً .



الشكل رقم (٨٣) الشكل رقم : (٨٢)

الهوائي الدوار

بحثنا في السابق من هذا الكتاب أهمية توجيه الهوائي الباغي وتأثيره على جودة الإشارة ، ورأينا إننا إذا أردنا الحصول على أحسن إشارة علينا أن نوجه الهوائي باتجاه المحطة تماماً .

ونحن فعلاً نقوم بهذه العمليه عند تنصيب الهوائي لأول مرة ونوجهه التوجيه الصحيح باتجاه محطة الإرسال حتى نحصل على أحسن صورة وأحسن صوت . إن هذا ممكناً إذا كان في البلاد محطة واحدة فقط ، أما إذا

كان هنـاك أكثر من محطة واحدة أو أن البلد تستقبل محطات تلفزيونية أخرى من البلاد القريبة فانه من الصعب جداً أن نعيد العملية التي قمنا بها في المرة الأولى عند تنصيب الهوائي في كل مرة نريد استقبـــال محطة جديدة .

لذا فقد صمم المهندسون دارات خاصة للتحكم بتوجيه الهوائي وتقسم هذه الدارات إلى نوعين :

١ — النوع الميكانيكي .

٢ — « الكهربائي .

النوع الميكانيكي وهو أبسط النوعين ويعتمد في عمله على ساعد ومجموعة من المسننات والمضاجع وهو على بساطته يتطلب ترتيبات كثيرة وكلفته عالية نسبيـــاً والشكل رقم (٨٤) يمثل إحدى طرق التحكم الميكانيكي اليدوي.

أما النوع الكهربائي فميكانيكيته أبسط ويتألف أســـاسيـاً من وحدتين رئيسيتين :

١ — المحرك .

٢ — علبة التحكم .

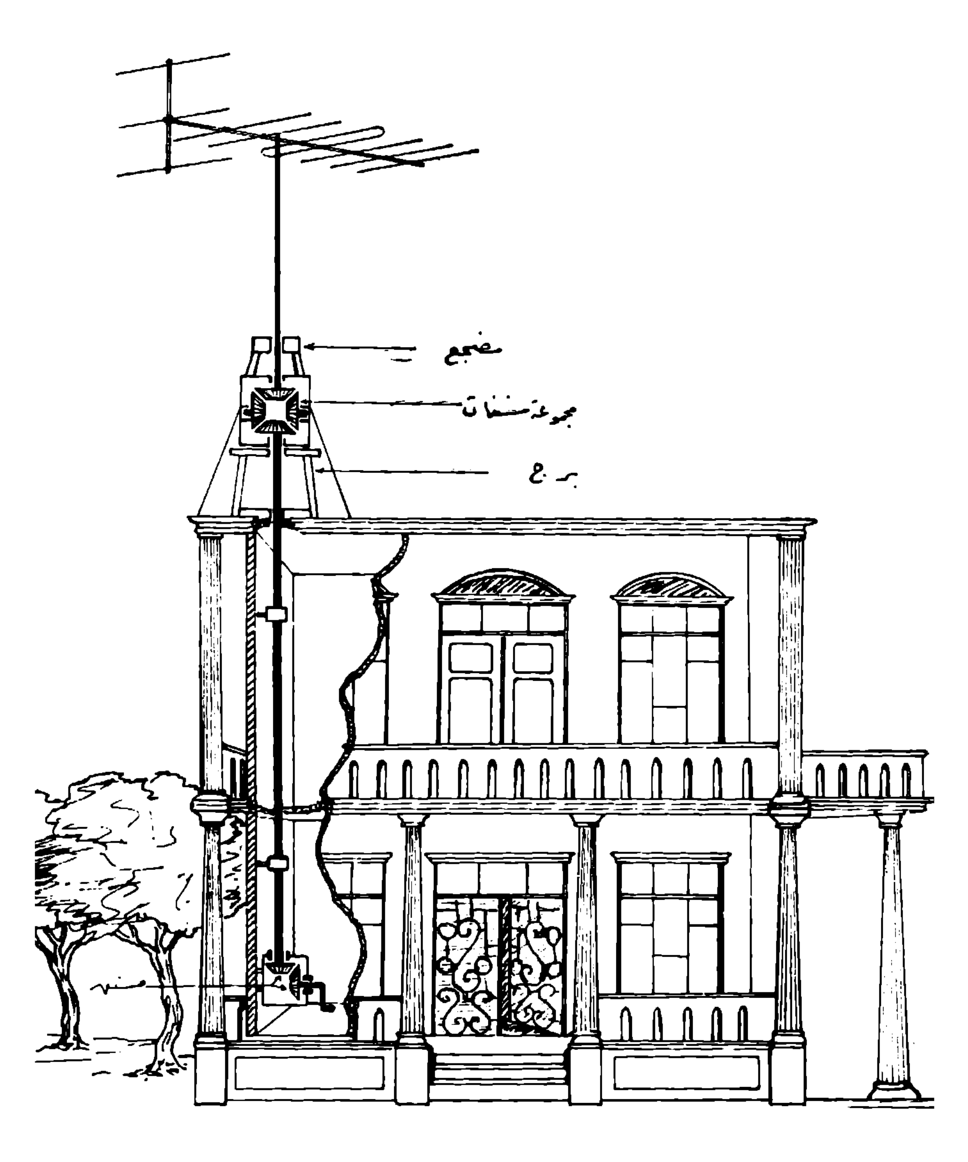
إن الشكل رقم (٨٥) يرينا مصور الدارة الكهربائية لكلاالوحدتين وطريقة تغذية المحرك العام . وتتألف هذه الدارة أساسيـاً من :

١ — المحولة (T_1) .

٢ — مفاتيح التشغيل والتبطيل وتفصيلها التـالي :

S_1 = مفتاح عكس دوران المحرك .

S_2 = مفتاح تشغيل أولي .



الشكل رقم : (٨٤)

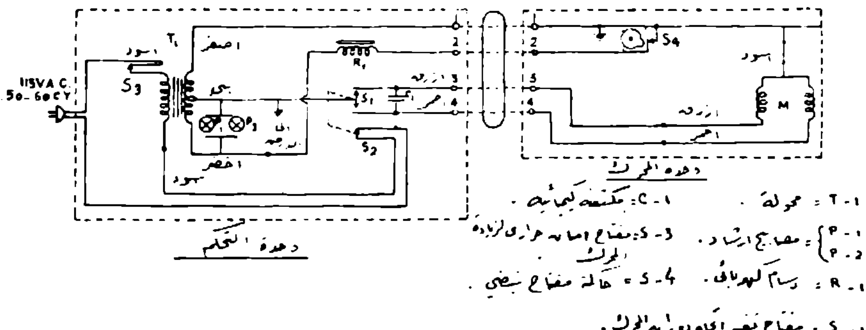
S_3 = مفتـاح أمان حراري .

S_4 = مفتاح نبضات الحاكمة (Relay) .

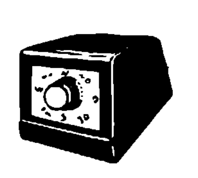
C_1 = مكثفة كيميائية مخمدة لشرارات وصل وفصل المفتاح (S_1) .

R_1 = دسام كهربائي (Solenoid) .

M = محرك كهربائي .



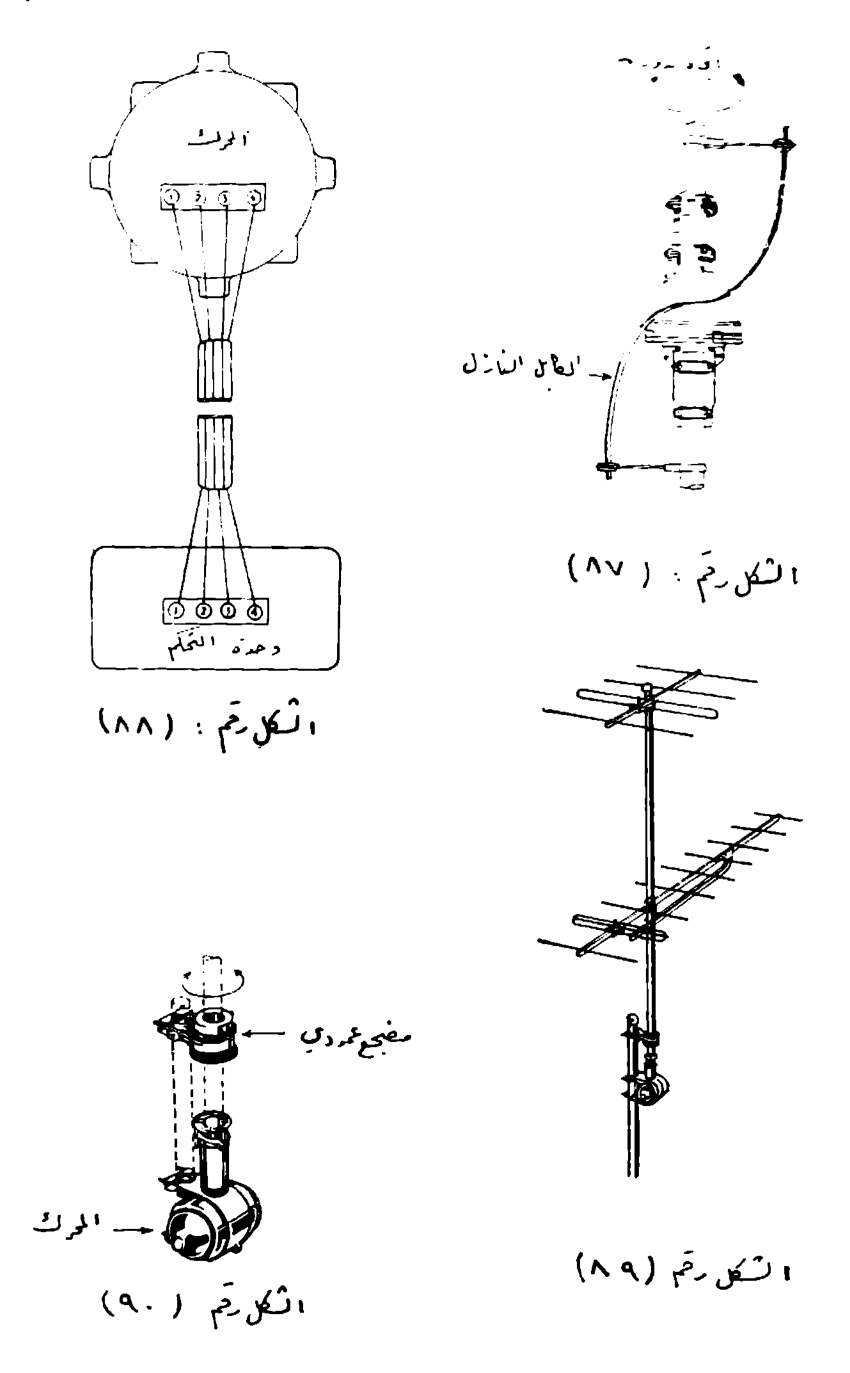
الشكل رقم (٨٥)



الشكل رقم (٨٦)

أما شكل وحدة التحكم فهو مصور في الشكل رقم (٨٦) وتكون عادة في الغرفة حيث يعمل التلفزيون . أما المحرك فيركب على البرج المركب عليه الهوائي كما هو مصور في الشكل رقم (٨٧) ويوصل بينهما كابل فيه أربعة أسلاك وتوصل هذه الأسلاك حسب الشكل رقم (٨٨) .

والشكل رقم (٨٩) يرينا المنظر العام للهوائي مع المحرك ، وتبين طريقة اتصالها مع بعض في الشكل رقم (٩٠) .



الشكل رقم : (٨٧)

الشكل رقم : (٨٨)

الشكل رقم (٨٩)

الشكل رقم (٩٠)

تركيب الهوائي في المنطقة الهدابية(نهاية تأثير الاشعاع) :

يستحسن في هذه الحالة استخدام صاري متبدل الطول (Telescopic) لانتقاء أفضل الأمكنة من حيث العلو والتوجيه في التركيب . كما يستحسن استخدام أنواع مختلفة من الهوائيات لمعرفة أجودها . ويفضل في هذه الحالة أيضاً انتقاء الأماكن المرتفعة لنصب الهوائي كقمة المداخن مثلاً أو الأبراج الخ ..

وكما قلنا سابقاً نستخدم عدة هوائيات مجمعة من نوع ياغي إذا كان الاستقبال ضعيفاً . وفي هذه الحالة ونظراً لثقل هذه الهوائيات المجمعة فلا بد من استعمال أسلاك للشد لتركيز قاعدة الهوائي وتثبيتها أمام ضغط الرياح والعواصف .

كما أن ضعف الإشعاع يجبر مركب الهوائي على استعمال كابل نازل من نوع خاص وهو كابل محوري يتميز عن الكابل المحوري العادي بكبر مقطعه وقلة نسبة الضياع فيه .

الهوائيات للاستقبال البعيد المدى :

لا تستعمل الهوائيات المار ذكرها سابقاً إلا إذا زاد المدى أو أريد استقبال أمواج تلفزيونية في مناطق غير صالحة من الوجهة الطبيعية والجغرافية.

بالإمكان مثلاً زيادة عناصر الهوائي حتى تبلغ الثمانية ومن ثم تشكيل (٤) طبقات من هذه العناصر الثمانية . فاذا وجد أن هذا التركيب لا يفي بالمطلوب يستخدم عندئذ مكبر الكتروني للحصول على استقبال أحسن .

—

أماكن تركيب المكبر الالكتروني :

يوضع المكبر بوجه عم قرب الهوائي مباشرة أو قرب قاعدته أو قرب جهاز الاستقبال ، فإذا وضع المكبر قرب جهاز الاستقبال وهو المكان المفضل من حيث سهولة التركيب وظهرت الصورة بتباين (Contrast) جيد ولكن مملوءة بنقاط بيضاء وسوداء متحركة أي أن نسبة الإشارة على التشويش نسبة غير كافية ، عندئذ يكون من الواجب وضع المكبر عند النازل في مكان قريب من الهوائي وهذا حتى نحصل على صورة جيدة ونقية .

المكبر :

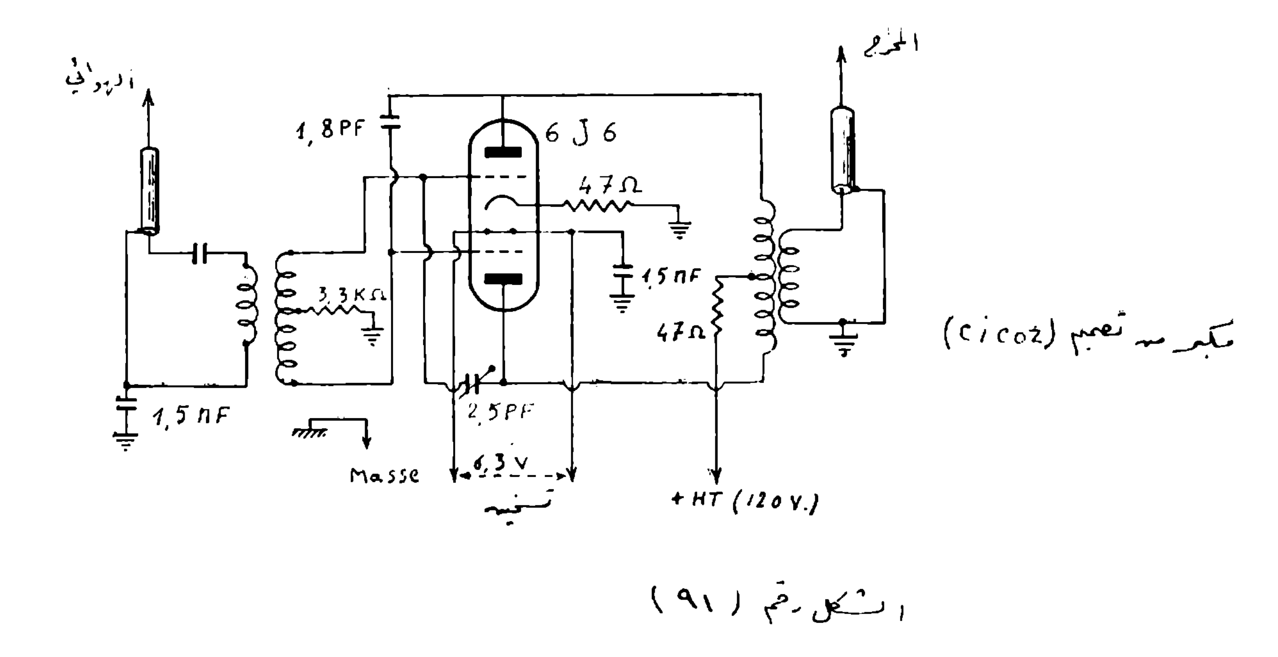
إذا ظهر أن التباين لا يزال غير كافي رغم استخدام مكبر الكتروني يبدل المكبر المستعمل بمكبر آخر ذي ربح أكبر أو يوصل مكبران مع بعضهما البعض على التسلسل .

وإذا ظهرت الصورة مملوءة بنقاط بيضاء وسوداء رغم كل الاحتياطات المتخذة فلتحسينها عندئذ يجب تغيير نوع الهوائي والاستعاضة عنه بهوائي أكثر حساسية .

تتميز هذه المكبرات بوجه عام بربحها العالي وتشويشها الضعيف، وغالباً ما تزود بصمامات ثلاثية .

نماذج لمكبرات الكترونية :

١ — مكبر من تصميم (Cicor) : يبين الشكل رقم (٩١) مخططاً لمكبر من تصميم (Cicor) . يتصف هذا المكبر بما يلي :



مكبر من تصميم (cicoz)

الشكل رقم (٩١)

آ ـ الصمام المستعمل : ترانزستور ثلاثي .

ب ـ التركيب الكهربائي : متناظر معتدل (Symmetrical) .

جـ ـ الكسب : ــ ١٥ ديسبل (15 db) .

د ـ عرض الحزمة الترددي : ١٢ ميغاتر/ثا (Band width) .

هـ ـ تيار التغذية : ١٢٠ فولت ١٠٠ ميلي أمبير .

و ـ الملفات : تحدد قيمتها وفقاً للقناة المراد العمل عليها .

ز ـ ممانعة المدخل والمخرج : ٧٥ أوم .

٢ ــ مكبر من تصميم (Jerrold) جيرولد الشكل رقم (٩٢) .

آ ـ النوع : DSA — 62 .

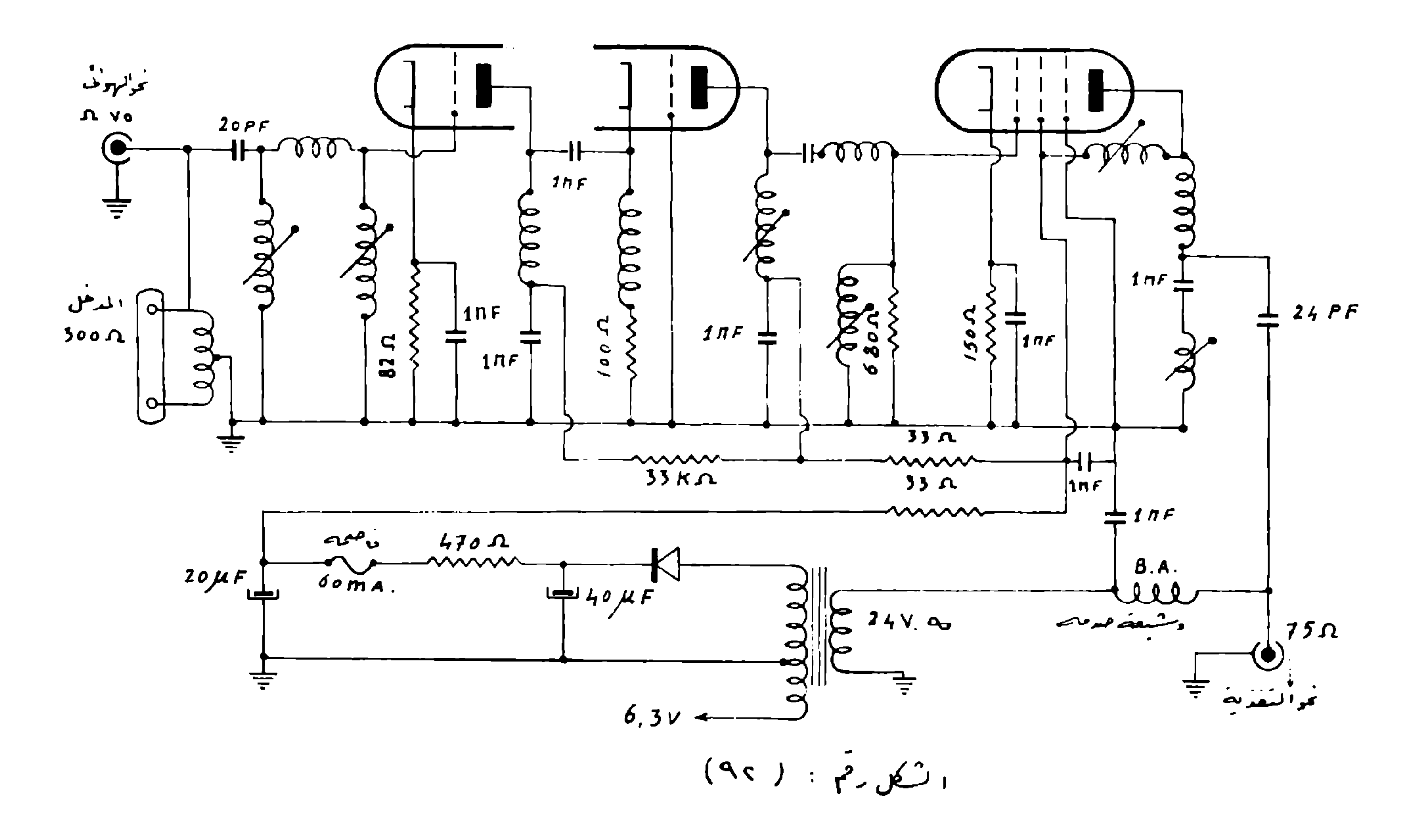
ب ـ الكسب: أفضل من تصميم (Cicor) سيسور .

جـ ـ تركيب دارة المدخل : من النوع الكسكودي (Cascode) ويؤمن نسبة حسنة للاشارة .

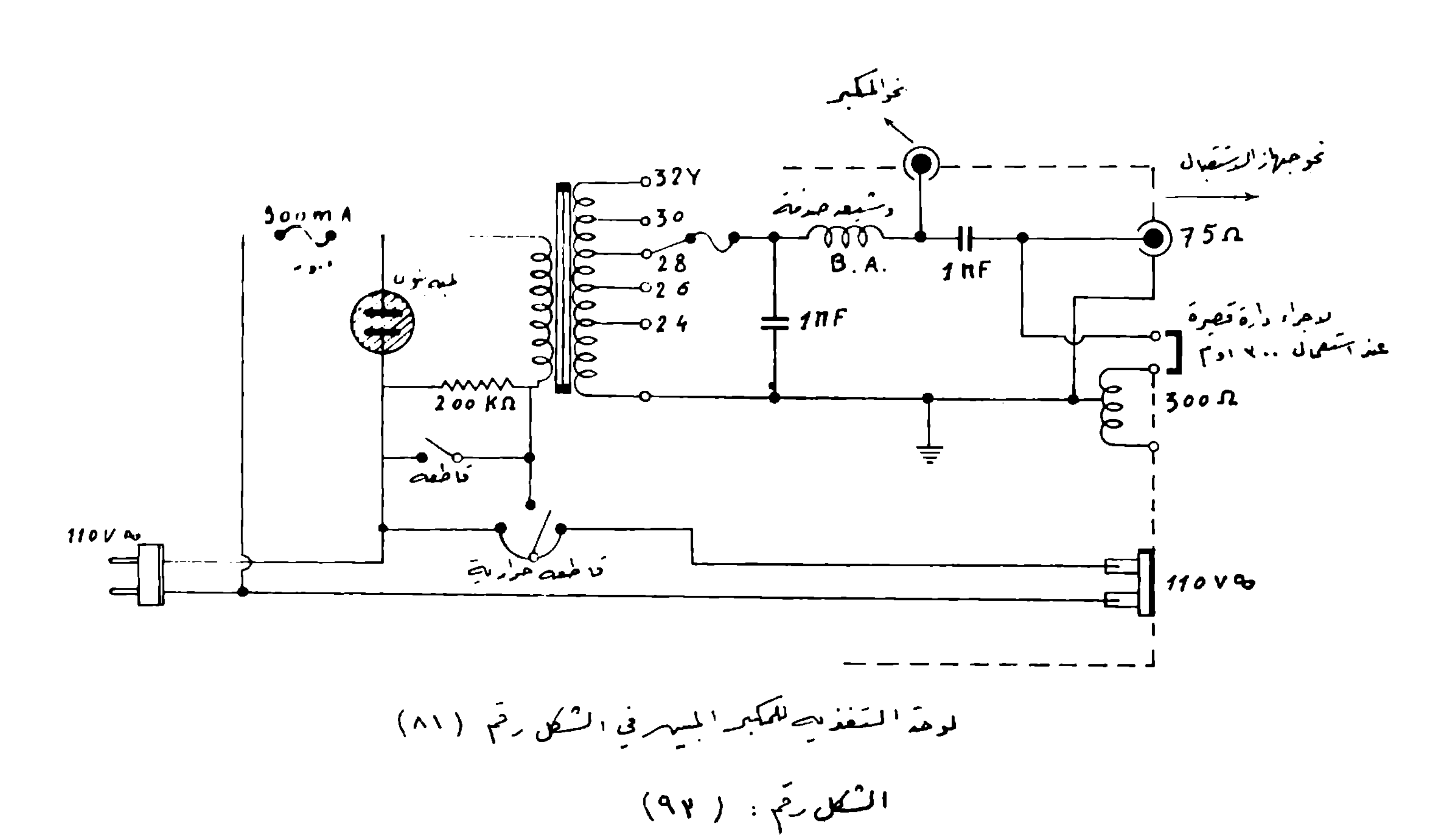
د ـ الحساسية : حسنة نظراً لاستخدام الصمام الخماسي كمكبر إضافي.

هـ ـ الملفات : تولف وفقاً للقناة المراد العمل عليها .

و ـ مميزات المكبر جيرولد (Jerrold) : يتميز هذا المكبر عن غيره بتصميمه الخاص ليوضع قرب الهوائي . ومن جهة أخرى يستخدم الكابل المحوري (٧٥ أوم) كنازل للهوائي لنقل الاشارة ذات التردد العالي كما يستخدم أيضاً كناقل للجهد ٢٤ فولت ٥٠ تر/ثا لتأمين تغذية المكبر . وفي سبيل ذلك تستخدم ملفات خانقة ومكثفات ملائمة لتنظيم مرور الاشارة ذات التردد العالي من جهة ومرور تيار التغذية (٥٠) تر/ثا من جهة أخرى . كما يلاحظ أيضاً في المكبر المذكور وجود محولات ذاتية ذات مآخذ لتأمين مداخل ومخارج للممانعات ٧٥ أوم و ٣٠٠ أوم .


Ω ٧٥
20PF
المدخل
300Ω
1nF
82Ω
100Ω
33KΩ
33Ω
680Ω
150Ω
24PF
60mA.
470Ω
20μF
40μF
24V.
6,3V
B.A.
75Ω

الشكل رقم : (٩٢)



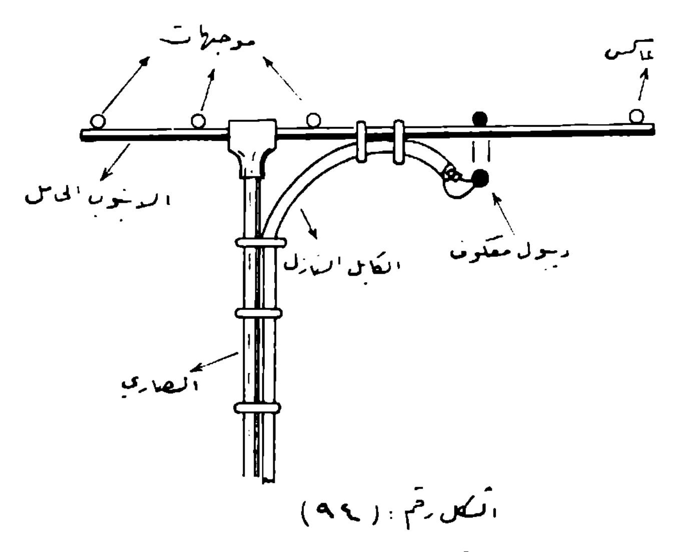
لوحة التغذية للمكبر المبين في الشكل رقم (٨١)

الشكل رقم: (٩٢)

تحتوي لوحة التغذية المبينة في الشكل رقم (٩٣) على محول باقطاب متعددة يؤخذ منها الملائم وفقاً لمقدار هبوط الجهد في النازل وبالتالي وفقاً لطول النازل . كما زودت اللوحة أيضاً بقاطع حراري للتيار إضافة إلى القاطع الرئيسي والغاية منه تشغيل المكبر بطريقة آلية في نفس الوقت الذي يشغل فيه جهاز التلفزيون .

توجيهات عملية :

يجب تركيب الهوائي تركيباً متيناً فاذا كان الصاري الحامل للهوائي عالياً وجب عندئذ استخدام أسلاك شد . يلحم النازل بقطبي الهوائي لحاماً جيداً بعد أن ينزع الغلاف الخارجي للكابل النازل على طول عدة سنتمترات ، وبعد نزع الدرع النحاسي عنه .



الشكل رقم : (٩٤)

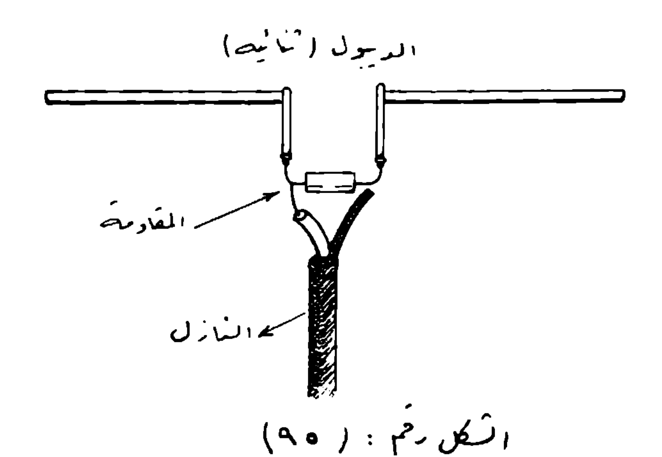
يمدد الكابل نحو الأعلى بانحناء خفيف كما هو مبين في الشكل رقم (٩٤) ومن ثم يثبت على الأنبوب الحامل للهوائي وأخيراً يستدير وينزل بمحاذاة الصاري.

يتم تثبيت الكـ . ـتي كابل الكواكسوالي ، على الأنبوب الحامل وعلى الصاري بواسطة شريط لاصق (شترتون مثلا) يمكن انزال الكابل في جوف الصاري إذا كان هذا الأخير مجوفاً .

وأفضل طريقة لإيصال الكابل الكواكسوالي إلى الجهاز اللاقط هو استخدام مدخنة غير مستعملة في البناء أو مجاري التهوية ، يمر الكابل ويثبت ضمنها . وإذا لم تتوفر المداخن أو المجاري فعندئذ يتم إيصـــال الكابل وفقاً للموجود وباستخدام عناصر عازلة لتثبيت الكابل على الحائط لمنعه من التأرجح.

يجب تجنب احتكاك الكابل بزاوية حادة أو بحد قاسي لأن هذا الاحتكاك يمكن أن يولد بعض التشويش في الجهاز مع مرور الزمن .

إذا استخدم الهوائي الثنائي (Doublet) بدلاً من الديبول المثني ، أي إذا كان قطبا ديبول الهوائي معزولين كهربائياً يكون من المفضل عندئذ وصل مقاومة بين طرفي الهوائي (بين القطبين) في الوقت الذي يوصل بها الكابل المحوري النازل شكل رقم (٩٥) .



الشكل رقم : (٩٥)

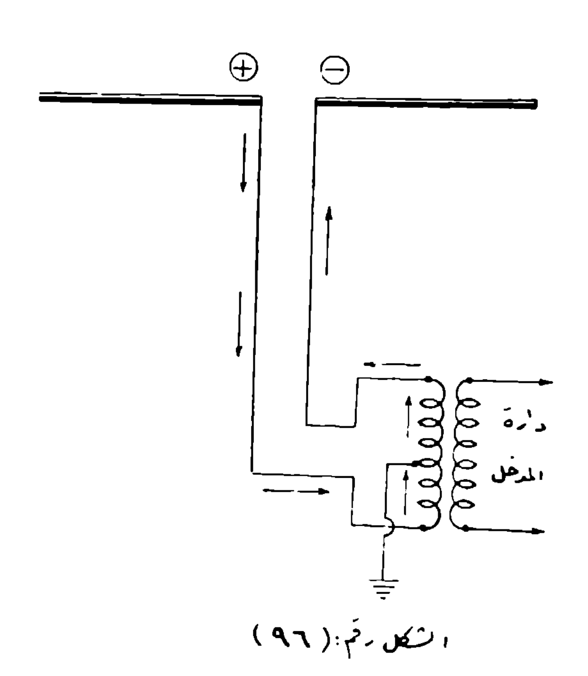
ليس لقيمة هذه المقاومة أية أهمية وتؤخذ عادة أكثر من عدة مئات من الاوم.

أما نوعها فيفضل أن يكون من النوع المغلف بالخزف (Ceramic) لتتمكن من مقاومة العوامل الجويه .

التوافق (Matching) :

مهما كان نوع النازل ومهما كانت ممانعته (٣٠٠ أوم أو ٧٥ أوم) فلا بد من إجراء توافق بين ممانعة الهوائي وممانعة النازل وممانعة مدخل جهاز الاستقبال. وبمعنى آخر إذا كانت ممانعة الكابل النازل بمقدار (٣٠٠) أوم يجب عندئذ أن تكون ممانعة الهوائي (٣٠٠) أوم وممانعة مدخل جهـــاز الاستقبال (٣٠٠) أوم أيضاً . أما إذا كانت ممانعة النازل (٧٥) أوم فيجب أن تكون ممانعة الهوائي (٧٥) أوم وممانعة مدخل الجهـاز (٧٥) أوم أيضاً .

ومن جهة أخرى إذا كان الهوائي متناظر والنازل متناظر أيضاً يجب عندئذ أن يكون مدخل جهاز الاستقبال مدخلاً متناظراً أيضاً . وبناء عليه يجب أن يكون الملف الأولي لدارة مدخل الجهاز ملفاً متناظراً أي أن يزود بنقطة على منتصفه توصل بالأرض، شكل رقم (٩٦).



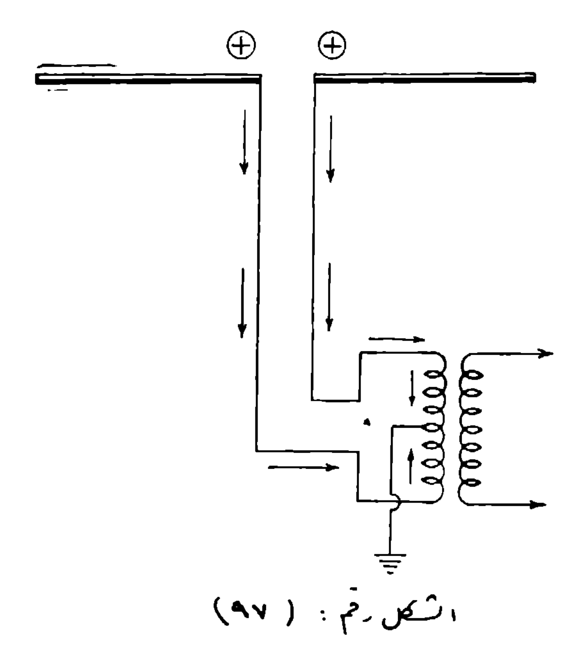
الشكل رقم : (٩٦)

يؤمن هذا التركيب احتظر الغاء التشويش (Noise) الداخل إلى الجهاز . والسبب في ذلك يرجع إلى ما يأتي :

آ — تولد الإشـــارة الملتقطة من قبل الهوائي جهوداً متقابلة بالصفحة وهذا كما هو مدون في الدائرتين الصغيرتين في الشكل رقم (٩٦) .

يجتاز التياران المتولدان في قسمي الملف الأولي وهما باتجاه واحد ، وهكذا يكون التحريض في الملف الثانوي ناتجاً عن تأثير مجموع التيارين الساريين في الملف الأولي .

ب — تبين الفقرة (آ) كيفية سير الإشارة من الهوائي إلى مدخل جهاز الاستقبال إلا أن التشويش الملتقط من قبل الهوائي لا يسير وفقاً لما هو مدون في الفقرة (آ) إذ أن جهود التشويش التي تتولد في الهوائي تكون متفقة بالصفحة ، وعلى هـذا يجري في النازل تياران باتجاه واحد وهذا كما هو مبين في الشكل (٩٧).

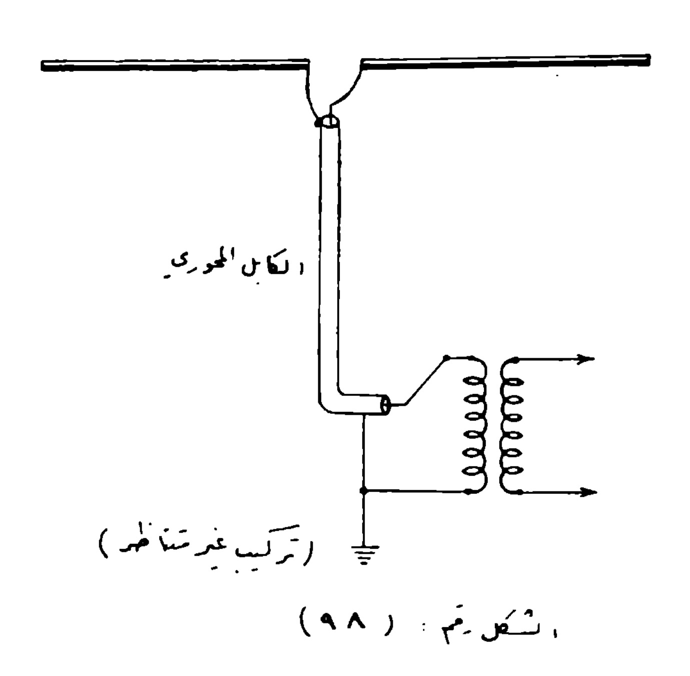


الشكل رقم : (٩٧)

يجتمع التياران في قسمي الملف الأولي ويكونان باتجاه معاكس كما في الشكل رقم (٩٧)

وهكذا يلغى تأثيرها على الملف الثانوي ولذا لا ينتج أي إشارة تشويش في الملف الثانوي وبالتالي يلغى التشويش نهائياً في جهاز الاستقبال .

وليتم الغاء التشويش الغاء تاما يجب أن تكون دارة الهوائي دارة متناظرة تماماً كما يجب أن يكون النازل من نموذج الكابل بناقلين وأن يعكس من مكان إلى آخر ليؤمن التعادل بين جهود التشويش الناشئة في الناقلين .

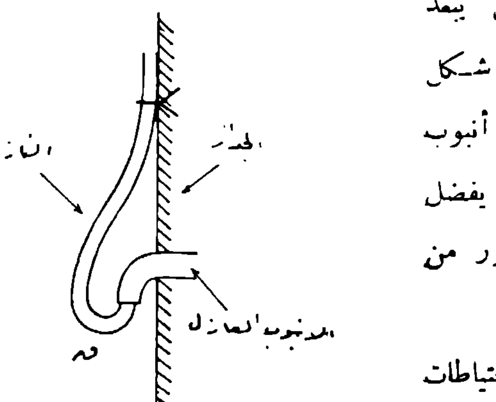


شكل رقم : (٩٨)

ملاحظة : يستخدم الكابل المحوري كنازل في التركيب الغير متناظر . يتم تركيب هذا النازل بوصل غلافه الخارجي بالأرض كما هو مبين في الشكل رقم (٩٨) يؤمن هذا الغلاف تصفيح الناقل الداخلي ويغلق دارة جريان التردد العالي مع الهوائي .

دخول النازل إلى المبنى :

وينفذ كما هو موضح في الشكل رقم (٩٩) . يثبت النازل على الحائط بواسطة عوازل وعند دخوله المبنى يبعد عن الحائط قليلاً فيأخذ شكل شبه هلال قبل دخوله في أنبوب عازل مثبت داخل الجدار . يفضل أن يكون الأنبوب المذكور من مادة البورسلان .



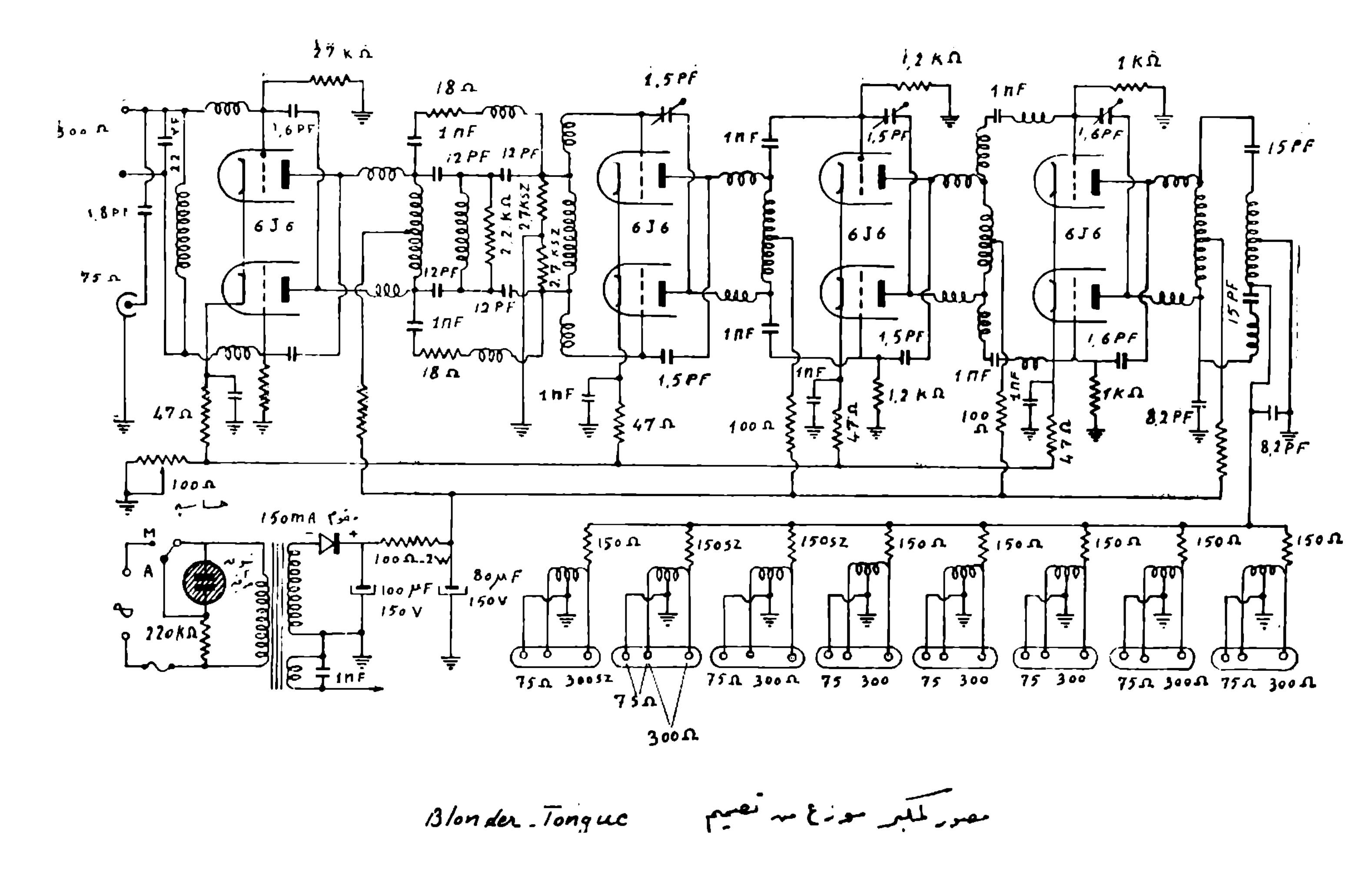
الشكل رقم : (٩٩)

تؤخذ عادة هذه الاحتياطات لمنع مياه الأمطار الجارية على الكابل من التسرب إلى داخل المبنى عن طريق الثقب في الجدار بل تجري في هذه الحالة حتى تصل إلى النقطة (ق)، ومن ثم تهطل إلى الأرض خارج المبنى بعيداً عن الجدار .

تغذية أجهزة استقبال تعمل ضمن مجال اشعاع ضعيف (المنطقة الهدابية):

يستعاض عن التركيب السابق الذي ذكرناه في الصفحة (١٤٠) والذي يعتمد على المقاومات بتركيب آخر يعتمد على العمامات ليشكل جهاز توزيع وتكبير يقوم بايصال الإشارة الملتقطة إلى المستوى اللازم .

يبين الشكل رقم (١٠٠) مخططاً لمكبر موزع من تصميم (Blonder—tongue)، نموذج (DA8—B) يتصف هذا الموزع المكبر بما يلي :



Blonder - Tongue مصور مكبر موزع من تصميم

مقاييس صندوقه : ٢٣ × ١٣ × ١٤ سم

استهلاكه : ٤٢ وات

عدد صماماته : ٤ صمامات من نوع (6 J 6)

لا يتطلب أي تعيير ويمكنه تغذية ٨ أجهزة استقبـــال بمانعة وصفية لمدخلها تساوي (٧٥) أوم أو (٣٠٠) أوم .

تزود الدارات الأربعة للمكبر الموزع المذكور بصمامات ثلاثية مزدوجة من نوع (6 J 6) يتم اعتدالها (Neuteralisation) الغاء تأثير المكثف الشـــارد بين الشبكة والمصعد بربط مكثف بين الشبكات والمصاعد لكافة الصمامات بطريقة متعامدة . صممت عناصر الربط بين الدارات بطريقة معقدة نسبياً وأجري تعييرها مباشرة في المصنع . وقد أدى التركيب المبين إلى إعطاء أعلى مقدار ربح .

يؤمن جهد التغذية العامة البالغ (١٠٠) فولت عن طريق محول ومقوم نصف موجي ومرشح مشكل من مقاومة صغيرة ومكثفات بسعة كبيرة .

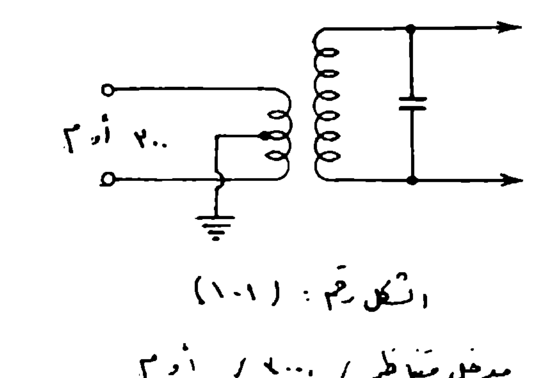
تغيير ممانعة الخروج باستعمال المحولات :

يزود المخرج بمحولات ذاتيـــة (Autotransformers) مع مأخذ منصف مربوط بالأرض تكون الممانعة بقيمة (٣٠٠) أوم فيما بين طرفي الملف ، وتكون بقيمة (٧٥) أوم فيما بين طرف من طرفي الملف والنقطة المنصفة للملف ، أي الأرض .

ربط كابل محوري (٧٥) اوم على جهاز استقبال بمانعة مدخله ٣٠٠ اوم:

من المعلوم أن مدخل جهاز استقبال ممانعة مدخله الوصفية (٣٠٠) أوم

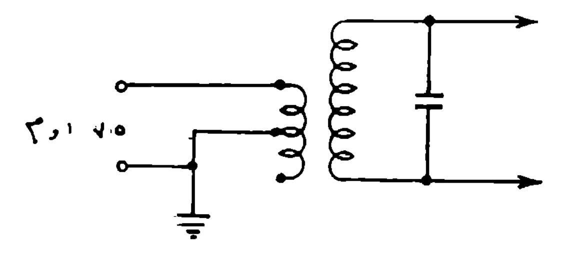
هو من النوع المتنـاظر ، وهذا كما هو مبين في الشكل رقم (١٠١) .



الشكل رقم : (١٠١)

مدخل متناظر / ٢٠٠ / أوم

وللحصول على مدخل بممانعة وصفية تساوي (٧٥) أوم يكتفى عادة بوصل نصف الملف الأولي فقط بالكابل المحوري بينما يبقى الطرف الثاني للملف الأولي حراً ، وهذا كما هو مبين في الشكل رقم (١٠٢) .



الشكل رقم : (١٠٢)

وصل كابل / ٧٥ / اوم على مدخل متناظر / ٣٠٠ / أوم

خاتمة

ثم وقد أنهيت تسطير آخر كلمة من هـــذا الكتاب واطمأنت نفسي للوليد الجديد أقف لأنظر ذات اليمين وذات اليسار وامتع النظر بالشباب اليانع الذي عشت معه سنة ونصف السنة نبني معاً صرحاً فنياً لم يعرفه هذا البلد قبلاً .

لقد دخل التلفزيون بلادنا ونحن لا نعرف عنه إلا النذر اليســـير ولم نمارسه عملياً أبداً . وشاءت الظروف أن تضلع نخبة من شبابنا ، وكنت واحداً منهم ، في صيانة عشرة آلاف جهاز وضعت مرة واحـــدة بين أيدي الجمهور . وكنا حينئذ كمن يحاول أن يبني بيته بنفسه وهو لا يعرف عن مهنة البناء إلا حاجتها إلى أحجار تقطع من مقاطعها واسمنت ورمل يؤتى به من مصادره . فترددنا في حمل المسؤولية ووجلنا وجل الجندي في ساحة الوغى عند سماعه أول طلقة نارية فيقف ، لا ليتراجع إنما ليثبت أقدامه في أرضه ويطمئن على إخوانه في السلاح المنتشرين معه في الصف الأول .

ثم خطونا الخطوة الأولى واحتللنا قبواً مظلماً رطباً في شارع(أبو رمانه) وهيأناه ليكون مركز تصليح فكانت أصعب الخطوات لأن الحمل ثقيل والطريق وعر لم يطرقه من قبلنا أحد . ومشينا نثقف أنفسنا ومن معنا في حقل الفن التلفزيوني ، وتوالت خطواتنا الحذرة تتلمس الطريق بعزيمة وثقة وإيمان بالقدرات الفنية الكامنة في نفوس الشباب العربي .

لقد كان العمل مرهقاً والتعلم صعباً في الجو الخانق ورائحة القصدير المحترق والروائح الكيمياوية الصادرة عن عشرات الأجهزة الشغالة مرة واحدة تكتم الأنفاس ، والوجوه ظاهر عليها علائم الجد والتفكير . كل أمام طاولة من طاولات التصليح عليها جهاز يعالجه معالجة مبضع جراح جرىء ينغرز في مواطن الألم في جسم سقيم . وكنت لا تسمع في هذه الأثناء إلا كلمات متقطعة رتيبة يطلب فيها العاملون من مساعديهم العدد فترن كلمة زردية ، قطاعة ، ملقط ، ايفو ، كاوي . وكان يستجيب المساعدون لهذه الطلبات بسرعة ودقة وصمت .

ويزداد الصمت صمتاً وترتفع العيون المتعبة في اتجاه باب يدخل منه إنسان ناعم دقيق له أنف الفلاسفة وعينا صقر يتجول بين الفنيين وهو ليس منهم يحاول فهم عملهم ، ويلتقط الكلمات والمصطلحات ويتقصى معناها ، ويمسك المخططات محاولاً فك رموزها والتعرف على أسرارها .

إن هذا الوجه النحيل والقامة المعتدلة والصوت المتعب هو المحرك الأول وصمام الأمن المنظم والدرع الواقي للعملية بأكملها . وهو الإنسان الاقتصادي أصبح يفهم الصمامات والمقاومات ، ويحلل أسباب بعض الأعطال البسيطة ، ويفتي ويشرح بتحفظ في المسائل الفنية وكنت تسمع منه مداعباً الفنيين قول الحكيم أرسطو (من لم يكن مهندساً فلا يدخل علينا) .

حدث كل هذا في القبو المظلم تحت بناء الكلية العلمية في شارع (أبو رمانه) حيث تكدست مئات الأجهزة تنتظر دورها لتدخل المشرحة ، والمحظوظ من أصحابها من يدخل جهازه قبل جهاز جاره ولو بدقائق .

لحسن حظنا لم تدم الخطوة الأولى سوى شهرين قسمنا أنفسنا بعدها إلى ثلاث فئات وافتتحنا مركزين جديدين لصيانة التلفزيون . وتحسنت

لأمور وجر. ت. ضى واتقلنا إلى قبو آخر مشمس نظيف في حي الروضة .
وفي شـ روـ كم كانوا متباعدين في أمكنتهم متقاربين في عملهم وتآزرهم،
يتدون خصومت ويتسعدون في حل المعضلات ، ويتشـــاورون فيما يجد من
الأعمـ ، ويتـفـون في تدبير مقالب نظيفة لبعضهم البعض .

وتشـ سنتـ الأولى من عمر التلفزيون في جو حبيب كله عمل ودراسة .
ونجحت التجربة وأصبح المبتدئون خبراء ، وتبدلت النظرات الجادة الصـارمة
على وجوه العاملين إلى ابتسامات كلهـا ثقة واطمئنان . ثقة بأنفسهم واطمئنان
إلى قدرتهم وخبرتهم المكتسبة بجهدهم ومثابرتهم طوال سنة كاملة تعادل في حسابها
خبرة خمس سنين .

لقد قصدت بهذه الكلمة أن أجعل من هذه الصفحـات سجلاً ذهبياً لرواد
فن التلفزيون في بلدي ، ليبقى ذكرهم وتحفظ أعمالهم وجهودهم كجنود بواسل
عملوا كل ما بوسعهم لإنجاح مشروع جليل من مشـــاريع بلدهم . إنني أومن
أنه إذا كان على الجندي أن يكون شجاعاً في ساحة الوغى المذود عن حياض
وطنه فعلى العامل أن يكون مخلصاً مجداً دؤوبا شجاعاً في ساحة عمله .
كلا العملين واحد وكلاهما خدمة للبلد يساعدان في حمايته ورفعته وتقدمه .

وبعد فهذه قصة بدء التلفزيون في بلدي وهي قصة رجال شركة النصر
لصناعة أجهزة التلفزيون ، فاذا قرأتهـــا يا عزيزي تذكر دائماً رواد
التلفزيون في هذا البلد :

الدكتور موفق الطرابيشي

المهندس عبد الحليم الطرابيشي

〃 حيان الأتاسي

〃 عدنان البارودي

السيد حسن بوكا

〃 خالد الشامي

〃 مصطفى الصفوري

〃 محمود حماد

〃 بهجت البارودي

〃 سلوان سماره

〃 نصوح النجار

السيد عبد القادر قدورة

〃 ميسر حجة

〃 ناصر شالاتي

〃 صفوح الرومي

〃 عبد الله اللبابيدي

السيد هائل اليوسفي

〃 أسعد مطر

〃 نادر فهمي المالح

〃 غسان رزق

〃 صالح شورى

〃 هيثم فارس

جدول الخطأ والصواب

رقم الصفحة	السطر	الخطأ	الصواب
١٤	١١	القيض رقم( )	القيض رقم(١٠)
١٥	٧	هذا الفرص	هذا الفرض
١٨	١٨	السرعة الزوايوية	السرعة الزاويوية
٢٧		سقط سهواً الشكل رقم (١٠) آ	

(آ) التأثير على مقدمة موجة واحدة

رقم الصفحة	السطر	الخطأ	الصواب
٥٠	١٥	الارتفاعات الثانية	الارتفاعات الثابتة
٧٩	٧	للعاكص	للعاكس
١٣٧	٣	أوم R_0	أوم R_1
١٣٨	٤	أوم R_1 أوم R_1	أوم R_1 أوم R_2
١٤٢	١٩	ان توافق	ان نوافق

فهـــرس

رقم الصفحة

رقم الصفحة

رقم الصفحة

رقم الصفحة

المراجع

1 — Practical Television Servicing
J . R. Johnson And J . H. Newitt
Rinehart & Company , Inc .

2 — Fundamentals of Electric Waves
H . H . Skilling , Ph . D -
1948
John Wiley & Sons , Inc . , New York

3 — Television principles and practice
F . J . Camm
George Newnes Limited
London

4 — Television Explained
W. E. Miller M. A.
London : Iliffe & son LTD.

5 — Television Antenna Handbook
Jack Darr
Howard w. Sams & co . , inc.
Indianapolis — new york

6 — Practical Television
T. J. Morgan
Ward , lock & Co. , LTD
London

7 — Philips Technical Service Bulletin
Central Service division — Eindhoven
(Holland)

8— Kak YcmaHoBumb Ahtehhy
Pn kpblш e ١٦٢

ب — ح الكهربائي ١٦٢